

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Hírmondó

147. évfolyam

2014/1. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 P. Dahlmann – R. Fandrich – H. B. Lungen: Acélgégyártás Európában – innovatív, hatékony, versenyképes
 6 Vasas V. – Somogyi J. – Veres Zs.: A hosszú idejű nitridálás és a gyors nitridálási technológia összehasonlító vizsgálata
 9 A MVAE 2013. december 12-i évváró ülése

Öntészet

- 11 Deffend E.: Szuperduplex acél bevezetése a Magyarmet Bt.-nél
 14 Dinamikus fejlődés a Magyarmet Bt.-nél
 16 MÖSZ-hírek – Elnökségi ülés és szakmai nap
 17 Emlékezés a 150 éve létesült Oetl-öntödére

Fémkohászat

- 20 Károly Z. – Balácsi Cs. – Balácsi K. – Gergely G. – Petrik A. – Lábár J.: Alumínium mátrixú kompozitok előállítása szikrakísüléses szinterelési technikával
 25 Bánki S.: Nemesfémkohászat Magyarországon, Kőrmöcbányától a Metal-Art-ig
 27 Dr. Vitányi M.: Újra fényezve, avagy a fémtörvény kálváriája
 28 Kohászati életpályák

Anyagtudomány

- 29 Májlinger K. – Orbulov I. N.: Hibrid szintaktikus fémhabok szilárdsági jellemzői
 34 Budai I.: Fémemulziók előállítása
 37 Koncz-Horváth D. – Gácsi Z.: Az energiadiszperzív röntgenfluoreszcens spektrometria alkalmazhatósága elem-analitikai feladatokra
 43 Radányi Á. – Sycheva A. – Gácsi Z.: Őn túlkristályképződés az elektronikai iparban. Kutatási lehetőségek korrelatív mikroszkópia segítségével

Hírmondó

- 49 Borbála-napi megemlékezések
 54 Egyesületi hírek
 58 Felsőoktatás
 61 Hírek
 63 Köszöntések
 65 Nekrológok

Öntészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Öntöde utódjának tekintjük.

FROM THE CONTENT

Vasas V. – Somogyi J. – Veres Zs.: Comparative analysis of long-term nitriding and rapid nitriding technology ... 6

In this article results of a series of experiments and related studies carried out in connection with a thesis are described. This thesis aimed to examine the possibility of replacing the current long-time heat-treatment with a shorter, carbonitriding heat-treatment at sign 34CrAlNi7 steel nitrided extruder screws. As it was expected, based on the measured Nht (nitrided layer thickness), the layer thickness values of long-term nitriding can be achieved by significantly shorter ferritic nitrocarburizing.

However a more thorough evaluation of the test results showed that the two treatments are not interchangeable for all applications. It can be explained with the measured hardness curve in the specimen and the nitrogen concentration distribution causing it.

Deffend E.: The introduction of superduplex steel in Magyarmet ... 11

The Magyarmet company with the past of more than 30 years is a well known European supplier of ready machined castings, which find their application in different engineering branches. Nearly 90% of the production of the foundry is exported. The foundry paired the reliable and accurate investment casting with wide material selection: these are low and high alloyed steels (corrosion and heat resistant), tear resistant alloys, Ni- and Co base alloys. The number of materials have reached 190 types. The company is producing investment castings (lost wax) primarily in small and medium sized series. Cast weight is up to 40 kg, and max. cast dimensions are 500 x 400 x 300 mm. Devoted to its strategy of continuous improvement of service Magyarmet are finding always the right solution for meeting customer expectations, also in the cases of parts with tricky design or special alloys.

Károly Z. – Balácsi Cs. – Balácsi K. – Gergely G. – Petrik A. – Lábár J.: Fabrication of aluminum matrix composites by spark plasma sintering ... 20

Among the Metal Matrix Composites the greatest interest is directed to the Aluminum Matrix composites due to their unique combination of beneficial properties including low density, high strength to weight ratio, increased hardness, advantageous tribology, corrosion resistance etc. In the present work

we studied the effect of various reinforcing phases such as Al_2O_3 , SiC and graphene on the aluminum matrix. The composites were fabricated by powder metallurgical method, in which the powder blend was rapidly sintered by spark plasma sintering.

Bánki S.: Precious metallurgy in Hungary, from Kőrmöcbánya to Metal-Art ... 25

What is not the article contain?
 The key elements of precious metallurgy evolution.
 Detail of an 80 years-old publication.
 From Kőrmöcbánya to Budapest.
 Michaelis Samu's working.
 From the recent past until today.

Májlinger K. – Orbulov I. N.: Compressive properties of hybrid metallic matrix syntactic foams ... 29

Hybrid AlSi12 matrix syntactic foams were produced with iron (GM) and ceramic (GC) hollow sphere reinforcement by pressure infiltration. The base material of the hollow spheres was pure iron and $Al_2O_3+SiO_2$ in the case of GM and GC hollow spheres respectively. The volume fraction of the reinforcing hollow spheres were maintained at ~65 vol%, but the ratio of them was altered in 20% steps (100% GM + 0% GC, 80% GM + 20% GC...etc.). The compressive behavior of the produced hybrid foams was investigated by three height – diameter ratios (H/D=1, 1.5, 2) according to the ruling standard DIN50134. With increasing volume fraction of the GC spheres the compressive strength, the yield strength, the structural stiffness and the absorbed energy values increased, while the fracture strain values decreased. The bonding and interface layer between the spheres and the matrix material was also investigated.

Budai I.: Production of metallic emulsions ... 34

This article presents a comparison of manufacturing technologies of metallic emulsions. It was developed two methods for manufacturing of emulsions. First was built a classical mixing system that includes radial flow four blade mixer and crucible with baffles. The mixing system was further developed thus a heat-resistant high speed colloid mill, its advantage that it does not need special crucible.

folytatás a hátsó borító belső oldalán

• Szerkesztőség: 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • Telefon: 06-1-201-7337 •

• Levélcím: 1371 Budapest, Pf. 433, e-mail: bkl.kohaszat@gmail.com •

• Felelős szerkesztő: Balázs Tamás •

• A szerkesztőség tagjai: dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelne Kiss Katalin, Schudich Anna, Szende György, dr. Takács István, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

• Kiadó: Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • Felelős kiadó: dr. Nagy Lajos •

• Nyomja: Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • HU ISSN 0005-5670 •

Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül. • A közölt cikkek fordítása, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

Internetcím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

P. DAHLMANN – R. FANDRICH – H. B. LÜNGEN*

Acélgyártás Európában – innovatív, hatékony, versenyképes**

Helyzetkép

Az EU 27 országaiban 2011-ben 177 M tonna acélt gyártottak [1]. Továbbra is az integrált és az elektroacél-gyártás maradt a fő gyártási módszer: 56,7% volt az oxigénes acélgyártás, 42,9% az elektroacél-gyártás részaránya. A tagországok különböző stratégiákat alkalmaznak: Olaszországban 66,2%, Spanyolországban 75,2%, Luxemburgban és Portugáliában pedig 100% az elektroacél részaránya, ugyanakkor Ausztriában, Hollandiában, Csehországban, Szlovákiában és Magyarországon 90% feletti az oxigénes acélgyártásé. Németországban az acél 1/3-át elektrokemencékben, 2/3-át oxigénes konverterekben állítják elő.

A 2009-es válságévben átlagosan 40%-kal csökkent a termelés, 2010 után újra erőteljes növekedés indult: 2010-ben 24%-kal, 2011-ben pedig további 3%-kal nőtt Európa acéltermelése. A legfontosabb acélgyártók túléltek a pénzügyi válságot. A 2009-re tervezett beruházásokat általában befejezték, így a vállalatok alkalmasak a technológiai hatékonyság növelésére. A tagországokban 19 olyan acélvállalat működik, amelyek kapacitása 3 M t-nál nagyobb; a legnagyobb közülük Duisburgban (19,5 M t) üzemel; a sor végére a Bilbao-i acélmű került (3,1 M t).

Energiahatékonyság és CO₂-kibocsátás

A versenyképesség és hatékonyság növelésére irányuló erőfeszítések eredményesek voltak. Az acéltermelés teljes energiaigénye Németországban

(integrált és elektroacél-gyártás) az 1960-as 30 GJ/t-ról 18 GJ/t-ra csökkent (~ 40%). Ugyanezen idő alatt a fajlagos CO₂-emisszió 2,4 t/nyersacélról 1,4 t/nyersacélra csökkent (42%) (1. ábra).

Néhány példa az acélipar és a berendezésgyártók eredményeire, amelyek elsősorban a CO₂-kibocsátás csökkentéséhez vezettek:

- a fajlagos redukálószer-felhasználás csökkentése a nagyolvasztóban,
- az elektroacél-gyártás részarányának növelése és innováció az eljárásban,
- új vékony brammaöntő és szalagöntő eljárások bevezetése,
- a folyamatok optimalizációja az energiafelhasználás érdekében, energia-visszanyerés és kapcsolt energia menedzsment alkalmazásával.

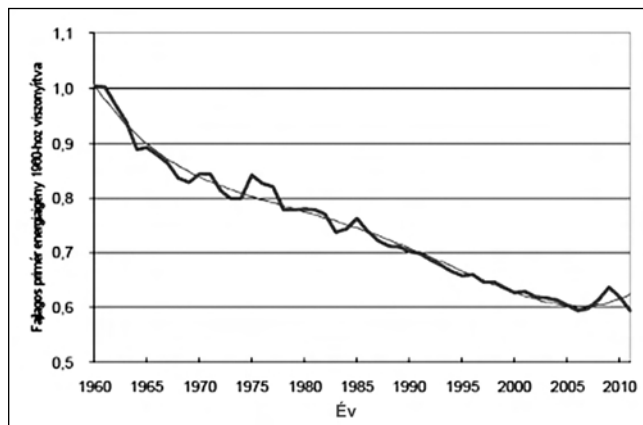
Ha megvizsgáljuk a nagyolvasztók átlagos redukálószer-felhasználásának alakulását Németországban az elmúlt 60 év során, az eredmények nyilvánvalók (2. ábra) [2]. A csökkenés érdekében tett lépéseket feltüntettük az ábrán. A 2010-es 496,7 kg/t nyersvas érték 40%-os csökkenést jelent az 1960-as évekhez képest. Az is látható, hogy a jövőbeli csökkentés lehetőségei a trend aszimptotikus jellege miatt korlátozottak.

A 3. ábra az EU 15 országaiban működő nagyolvasztók átlagos redukálószer-felhasználá-

sának alakulását szemlélteti [3]. Míg a teljes redukálószer-felhasználás némileg nőtt, a kokszfelhasználás az 1990-es 408 kg/t nyersvas értékről 2010-re 348 kg/t-ra csökkent, a szénbefűvés viszont 50 kg/t-ról 136 kg/t-ra nőtt. Az olaj és egyéb anyagok bevitele 23 kg/t-ról 12 kg/t-ra csökkent. Egysszóval a nagyolvasztók üzemeltetői a költségek csökkentésén fáradoznak, amely a fajlagos redukálószer minimálisra csökkentését eredményezte. További lényeges csökkentésre nem lehet számítani.

A Németországban és Nyugat-Európában alkalmazott nyersvasgyártási gyakorlat lényegében a legjobb technikának (BAT) tekinthető. Mindazonáltal meg kell vizsgálni azt is, hogy milyen további lehetőségek vannak a redukálószer-felhasználás és így a CO₂-kibocsátás csökkentésére.

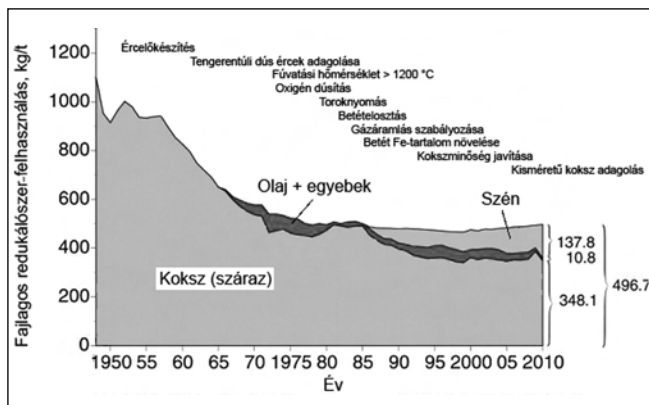
A 4. ábrán jól látható, hogy az elektroacél-gyártás villamosenergia-igénye 45%-kal csökkent, a két csapolás közti idő 78%-kal, az elektródafelhasználás pedig 83%-kal csökkent. Növelték az elektrokemencéknél alkalmazott feszültséget, és ily módon csökkentették a nyersacél kezeléséhez szükséges



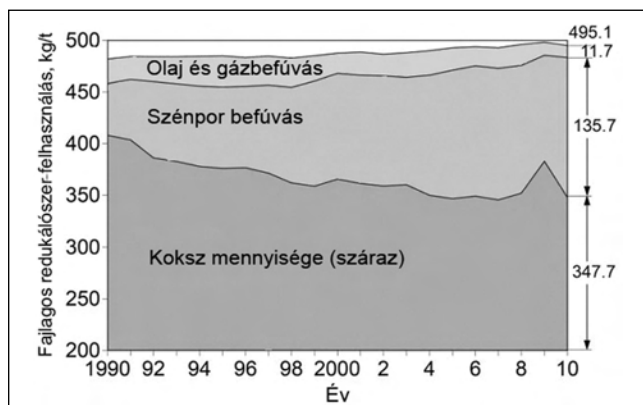
1. ábra. Az energiahatékonyság javulása a német acéliparban

* Steel Institute VDEh, Németország

** A 8. Nemzetközi Clean Steel konferencia bevezető előadása (2012. május)



■ 2. ábra. A nyersvasgyártás átlagos fajlagos redukálószer-igénye Németországban



■ 3. ábra. A redukálószeres fajlagos mennyisége az EU 15 országokban

időt. Nagyszámú egyedi mérés felhasználásával energetikailag optimalizálták a berendezést. Különösen fontos a habos salak szabályozása; így tudják a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni a hőenergia-veszteségeket. A kemencében történő finomítással a C-tartalom csökkentéséhez szükséges szekundér metallurgia igény is csökken.

Amikor az acélipar ökológiai hatásait vizsgálják, figyelembe kell venni, hogy az innovatív acélok felhasználásával hatszor annyi CO₂-kibocsátás csökkenés érhető el, mint ami az előállításuk során keletkezik. A Boston Consulting Group 2010-ben elemezte az új acéltípusok használatával elérhető CO₂-kibocsátás csökkenést [4]. A tanulmányban a következő alkalmazásokat vették figyelembe: erőművek, járműipar, transzformátorok és villanymotorok. Németországban évente 74 M t-val lehetne csökkenteni a CO₂-kibocsátást ilyen módon: ugyanakkor a német acélipar 2007-ben 67 M t CO₂-t bocsátott ki, azaz Németországban a csökkenés nagyobb mértékű lenne, mint a teljes német acélipar kibocsátá-

sa. Ez jól szemlélteti az ilyen acélok alkalmazásában rejlő lehetőségeket és annak szükségességét, hogy alkalmazzák őket a környezet védelme érdekében.

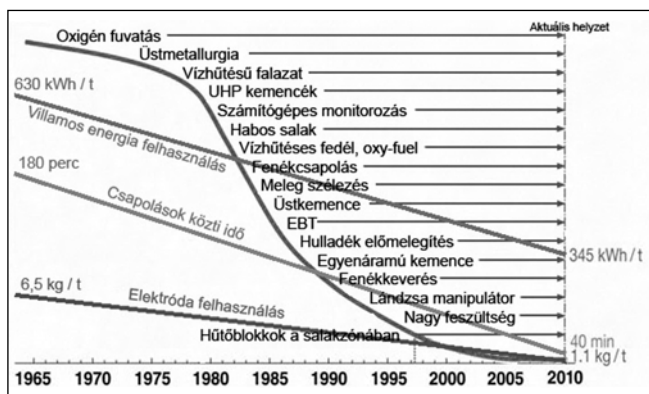
Az oxigénes acélgyártási és az elektroacél-gyártási technológia

Az oxigénes acélgyártás termékeinek felhasználási területei hasonlóak az elektroacélokéhoz, de nagyobbak a mennyiségek. Minőségi acél gyártható ezzel az eljárással lapos- és hosszútermékekhez, huzalokhoz, minőségi melegen és hidegen hengerelt szalagokhoz. Ezek felhasználói gyakorlatilag minden iparágban megtalálhatók. Nagy mennyiséget szállítanak az autópárnák, acélszerkezetek gyártóinak, hő- és áramfejlesztő generátorok gyártóinak, nyersanyag-kitermelőknek.

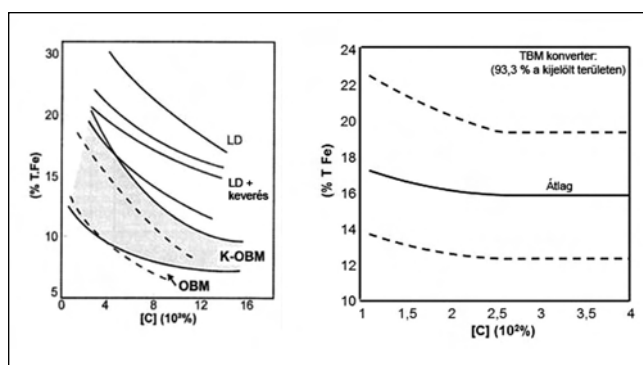
A fő konvertertípusok továbbra is a lándzsával fűtatott LD-konverter, a fenékfűtatású konverter (OBM) és a kettő kombinációja, hogy növelni lehessen az acélhulladék részarányát (C-OBM). Az eljárások súlya változó.

1952 és 2007 között a fenékfűtatással előállított acél mennyisége csak tizede volt az LD-ének. Az LD-eljárás sikerességéhez nagyban hozzájárult a folyamatszabályozás tökéletesítése: szublándzsák alkalmazása a folyamat automatizálása céljából, dinamikusabb folyamatszabályozási modellek alkalmazása a hőmérséklet és az olvadék összetételének pontosabb beállítására, a salakmentes csapolás, különösen pedig a kombinált fűtatás az olvadék keverésének és öblítésének intenzifikálására inert gáz alulról történő befűtatásával, amit az 1970-es évek végén vezettek be. Erre egy példa a Thyssen TBM-eljárás. A mészfelhasználás és salakmennyiség, valamint a salak vastartalma csökkent az alacsony foszfortartalom biztosítása mellett; a fémkihozatal 0,5–1%-kal nőtt.

A fenékfűtatás lényegesen javította a fürdő-salak reakciót és a C-kiéget. Az 5. ábra (bal) a salak vastartalma és az olvadék C-tartalma közti kapcsolatot mutatja a bázikus konverterekre. A jobb oldalon az intenzív fenékkeverésű TBM-konverterre látható a helyzet a ThyssenKrupp Steel Europe oxigén-



■ 4. ábra. Az elektroacél-gyártás fejlődése



■ 5. ábra. Az olvadék C-tartalma és a salak Fe-tartalma különböző eljárásoknál [5]

acélműveiben. A fenékfúvatásos eljárásnál különösen a salak Fe-tartalma kisebb, mint az LD-eljárásnál, azonos csapolási C-tartalomra vonatkoztatva.

A két acélgyártási technológia termékválasztéka természetesen jelentősen eltér. A piac dönt az igényelt termékek mennyiségéről, ezen keresztül a gyártás módjáról. Ennek következménye, hogy az elektroacélművek minőségi acélokat, pl. a szerkezeti acélokat, korrózió és hőálló acélokat, szerzőmacélokat viszonylag kis mennyiségben gyártanak. Itt a felhasználók egyedi igényeinek kielégítésére lényegében minden elem adagolható ötvözőként.

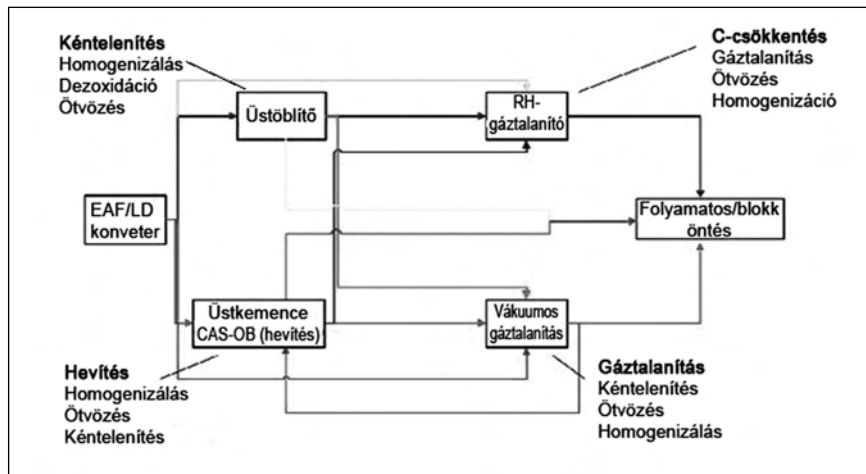
Európában az elektroacél-gyártás részaránya 1980 és 2010 között 20%-ról 41%-ra nőtt. Ez jelentős lépés a fenntarthatóság szempontjából, mivel az acélhulladék felhasználásával az EAF-eljárás jelentősen hozzájárul a nyersanyagforrások védelméhez és csökkenti a CO₂-kibocsátást az integrált eljáráshoz képest.

Németországban a 28 elektrokemence közül három egyenáramú (Unterwellenborn, Peine, Georgsmarienhütte). Az ilyen kemencék fő előnye a kisebb zajkibocsátás, kisebb elektróda-felhasználás, nagyobb kemencetartósság és a villamos rendszer kisebb zavarása.

Elektroacél-gyártásnál a legnagyobb teljesítményű UHP AC-EAF-berendezések 305 tonna kapacitásúak (Colakoglu Metalurji A.S., Törökország), a legnagyobb DC-EAF-kemencéknél a csapolási súly 300 tonna (Tokyo Steel Tahara, Japán). Éves termelésük 2,85, ill. 2,6 M t, ami eléri a közepes oxigénos konverterek teljesítményét.

Európában az elektroacél-gyártás részarányát a jó minőségű acélhulladék elérhetősége korlátozza. Ennek következtében hibrid eljárásokat fejlesztenek ki, ahol acélhulladékot és HBI-t (direkt redukált brikettált vasat) együtt használnak fel, nyersvasat adagolnak, vagy az acélhulladékot fosszilis tüzelőanyagokkal olvasztják be. Az elektroacél-gyártásnál a hulladék hő hasznosítása továbbra is fontos téma.

A BOS acélművek fejlesztési lehetőségei elsősorban a folyamatszabályozás területén vannak, a mérés-technika és folyamatmodellezés javításával, továbbá a termelőképesség növelése



■ 6. ábra. A szekunder metallurgiai útvonalak – rugalmasság és sokoldalúság

a karbantartási ciklusok hatékonyabb kihasználásával, valamint az energia-hatékonyság javítása utánégetéssel, a konvertergáz visszanyerésével és az acélhulladék-felhasználás növelésével.

Szekunder metallurgia

Az oxigénos és elektroacél-gyártás metallurgiai feladatai éppoly változatosak, mint a gyártott acélok választéka; emiatt viszonylag komplex szekunder metallurgiai eljárások léteznek. A 6. ábrán az acélművek tipikus kezelési útvonala látható, amely olvasztó egységből, üstöblítő állomásból, RH-gáztalanítóból, üstkemencéből vagy CASOB-ból és vákuumos gáztalanítóból állhat. A szekunder metallurgiai egység és a kezelés sorrendje a feladat függvényében változik, ahol a cél határozza meg az eszközt. A különböző olvasztórendszerekhez párhuz-

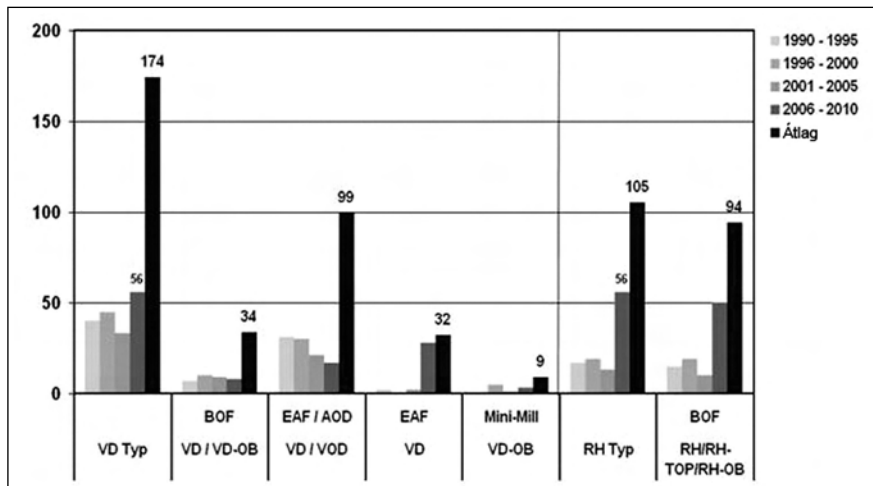
amosan különböző eljárások használhatók. Ez maximális igényeket támaszt az acélmű logisztikájával szemben.

A piac és a termelési program határozza meg a szükséges szekunder metallurgiai eljárásokat. Az 1. táblázatban az acél legfontosabb ötvöző-elemeit soroltuk fel, minimális és maximális értékekkel együtt. Az alsó határ eléréséhez más kezelésre van szükség, mint a maximális értékhez. A táblázat jól mutatja az üstkemence központi szerepét a szekunder metallurgiában. Általában minél nagyobb az ötvözőtartalom, annál fontosabb az üstkemence. Az olvasztóegységekből kijövő acéolvadék energiatartalma nem elegendő nagyobb ötvözőmennyiségek beviteléhez.

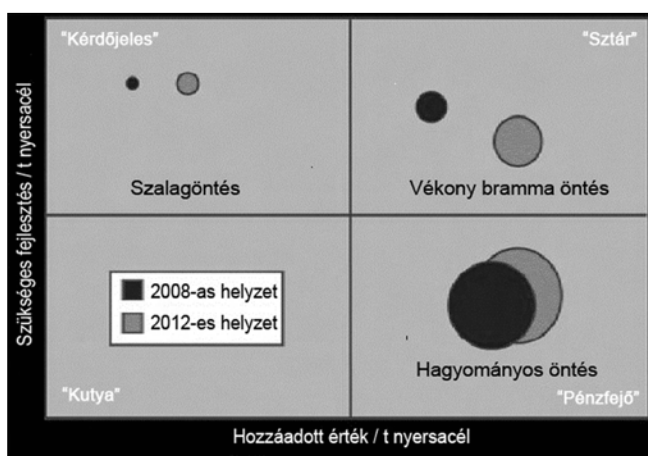
A szekunder metallurgiát az 1950-es években vezették be, azóta jelentős fejlődésen ment keresztül. Különösen érvényes ez a nem kívánatos szennye-

1. táblázat. Minimális és maximális ötvözőtartalmak a szekunder metallurgiában

Elem	Minimális/maximális érték, %	Alkalmas szekunder metallurgiai berendezés
C	0,0010–2,50	VOD/VD, RH, RHOB, keverő
Si	0,01–3,70	RH, LTS
Mn	0,08–20,00	LF
Cr	0,03–25,00	VD, RH, LF
Mo	0,01–4,50	Üstkemence, vagy primer acélgyártás
Ni	0,03–80	Üstkemence, vagy primer acélgyártás
Cu	0,03–3,50	Üstkemence, vagy primer acélgyártás
N	0,0020–0,500	VD, RH, LF, keverő
Al	0,0020–5,50	VD, RH, keverő
W	0,020–6,50	LF, vagy primer acélgyártás
Co	0,03–10,00	LF, vagy keverő
V	0,01–1,50	VD, RH, LF, keverő
Ti	0,01–1,50	VD, RH, keverő
B, Se, Te, Ca, Pb, S	0,001–0,300	LF, keverő



7. ábra. Vákuumkezelő berendezések a világon 1990 és 2010 között – RH- és VD-típusok



8. ábra. A különböző folyamatos öntő eljárások értékelése [7]

zők minimális értékeire vonatkozóan. Az összes C-, S-, N-, O- és H-tartalom 1960 és 2010 között 600 ppm-ről 70 ppm-re csökkent az eljárás tökéletesítése révén. Jelenleg nincs kilátás a szennyezők mennyiségének további csökkentésére.

Az RH-gáztalanítás és a vákuumos gáztalanítás ma különösen fontos. A célértékeket illetően a legnagyobb különbség az elérhető S- és O-tartalomban van. Az RH-eljárással elérhető C-tartalom harmada a VD-eljárással elérhetőnek. Másrészt a VD-eljárással negyedakkora S-tartalom érhető el, mint az RH-eljárással. Ezért használják a VD-eljárást elsősorban durvalemez és csőgyártás alapanyagainak előállításánál.

BOF-acélgégyártás esetében elsősorban az RH-berendezéseket használják, míg az elektroacélművekben leggyakrabban VD-, vagy VOD-eljárást alkalmaznak. A berendezések növe-

kedése szükségessé teszi a rugalmasság növelését a metallurgiai lehetőségekben belül, hogy a legjobb minőségű acélokat tudják gyártani.

A 7. ábra az 1990 óta épített új VD- és RH-berendezéseket mutatja 5 éves időközönként. Az üzemek eszerint már jól el vannak

der metallurgiának központi szerepe lesz a konverteres acélgégyártásnál is, különösen erősen ötvözött acéloknál. Nagyon fontos eszköz az igen kis C-tartalmú acélok előállításánál, és lehetővé teszi a csapolási hőmérséklet csökkentését a P-tartalom egyidejű csökkentésével, és növeli az öntési biztonságot.

Az általános trend az acélminőség javítása az acélmű rugalmasságának növelésével, az acélmű logisztikájának javítása ezért fontos feladat marad. Az ötvözésre használt berendezésnek a termékválasztékhoz kell igazodni.

A folyamatok modellezése a konverterben és az üstmetallurgiában egyre fontosabb lesz az online folyamatszabályozáshoz. A mérés technikában az új optikai módszerek és kamerarendszerek határozottan növekvő szerepe látható, amelyeket képelemző eljárásokkal kombinálnak. A szekunder metallurgiai berendezések száma növekszik, ugyanakkor nő az alkalmazhatóságuk is, ami elősegíti az acélműveknek az új minőségek előállítását és a rugalmasság fokozását.

Folyamatos öntés

A 8. ábra az eljárások hozzáadott értékének növekedését mutatja a nyersacél tonnájára vonatkoztatva. Ha összehasonlítjuk a jelenleg létező folyamatos öntési eljárásokat, a szalagöntés a kérdőjeles negyedbe esik, mert jelentős fejlesztésre van szükség viszonylag kis értéknöveléshez. Az elkövetkező években az értéknövelés erősödik az új berendezéseknél a folyamatok optimalizációja révén.

A vékonybrammaöntés van ma a legjobb pozícióban. Mindazonáltal további jelentős fejlesztésekre lesz szükség a jövőben az értéknövelés érdekében. Ma a termelés 95%-ánál hagyományos folyamatos öntést alkalmaznak. Ez az eljárás ma a legjobb a megterülés szempontjából. A fejlesztési igény sokkal kisebb, mint a szalagöntésnél. További fejlesztésekre így is szükség van, elsősorban a nemzetközi versenyképesség megtartása érdekében.

Az első ipari méretű vékonybrammaöntő berendezés üzembe állítása óta (1989, Nucor-Crawfordsville, USA), ez a technológia is jelentősen fejlődött, és a magas minőségű széles szalag

2. táblázat. Twin-roll öntőművek a világon

Indulás éve	Ország	Vállalat	Szalag-szélesség mm	Névleges kapacitás 1000 t/év	Acélminőségek
1998	Japán	Nippon	760–1330	400	rozsdamentes
1999	Németország	TKN	1100–1450	400	rozsdamentes
2001	Korea	POSCO	600–1350	400	rozsdamentes és Si-acélok
2002	USA	Nucor	1345	540	szénacélok
2009	USA	Nucor	1650	674	szénacélok és gyengén ötvözött acélok

gyártásának fontos eszköze. Fontos előnye ennek a technológiának a kis energiaigény. A hagyományos eljárás: folyamatos öntőmű – meleghengermű kb. kétszer annyi energiát igényel 1 tonna melegen hengerelt szalagra vonatkoztatva, mint a vékonybrammaöntés.

A működő 61 vékonybramma-öntőmű közül 44 kompakt szalaggyártó (CSP), 12 rugalmas vékonyszalagöntő (FTSC), 5 egyéb típus termelőkapacitása 81,5 M t/év. Ezeket a berendezéseket mind az oxigénes, mind az elektroacélművekben alkalmazzák. Európa mellett Észak-Amerika, India, Dél-Korea és Kína a fő alkalmazója ezeknek a berendezéseknek.

Az EU 27 területén jelenleg hét vékonybramma-öntőmű üzemel: Cremona (Olaszország), Varsó (Lengyelország), Sestao (Spanyolország), Duisburg (Németország) és Ijmuiden (Hollandia), összesen 9 M t kapacitással. Ezek ESP-, ISP-, CSP- és DSP-típusúak. Fontos törekvés az öntési sebesség növelése: Cremonában az ISP-öntőműnél 8,5 m/s az öntési sebesség. Fentiek mellett Iskanderunban (Törökország) van ilyen öntőmű.

Az ikergörgős (twin-roll) öntésnél a kokilla megfelelő kialakításával 1–5 mm vastagságtartományban a késztermékhez közeli szalagokat öntenek. Ezzel jelentősen csökken a meleghengerműveletek száma és rövidül a gyártási idő. Ennek eredményeként a twin-roll szalagöntés hatására 90%-kal csökken az energiaigény a hagyományos eljáráshoz képest. A dermedési idők 400-700-szor kisebbek a hagyományos eljáráshoz képest, ami a belső szerkezetet is javítja. Nem alakulhat ki mikro- és makrodúsulás és a nyomelemtartalom nőhet. Ez az eljárás különösen alkalmas nagy Mn- és Al-tartalmú új acéltípusok öntésére. Jelenleg

négy twin-roll öntőmű működik a világon (2. táblázat).

A Nippon Steel (Hikari) 1998-ban üzembe állított öntőművét időközben leállították. A ThyssenKrupp Nirosta (Krefeld) berendezése 1999-ben indult és 2002-ben lényegesen bővítették. Kapacitása 400 000 t/év, rozsdamentes acélokból. Jelenleg elsősorban K+F célokra használják. A POSCO 2002-ben helyezett üzembe egy berendezést rozsdamentes és Si-acélok öntésére, és terveznek egy másodikat is.

A Crawfortsville-ben 2002-ben üzembe helyezett twin-roll öntőmű (540 000 t/év kapacitás) mellett a Nucor egy másodikat indított Blythesville-ben (USA) 2009-ben. Szerkezeti szénacélokat és gyengén ötvözött acélokat öntenek rajta.

A twin-roll öntésnél legnagyobb problémát a felületi minőség jelenti, amit nem lehet köszörüléssel, vagy lángfúvatással javítani. További probléma a dermedés szabályozása, az oldalsó gátak tömítése, élképződés és az eljárás gazdaságossága.

A Salzgitter AG (Peine) először használja ipari méretben a hevederes technológiát (Belt Casting Technology) vízszintes szalag öntésre. 2012–13-ban tervezik az üzembe helyezést. Ezt megelőzően a Clausthali Műszaki Egyetemen működött egy kísérleti berendezés. Az olvadékot függőlegesen csapolják egy tároló üstből a folyamatosan hűtött acélszalagra. A primer hűtésre alulról permetezett vizet használnak. A dermedés védőatmoszférában történik. A szilárd szalag vastagsága öntés előtt 10–15 mm, emiatt a felületi hibák kevésbé kritikusak, mint a twin-roll öntés esetében.

Az új öntőeljárás különösen fontos előnye, hogy a hagyományos öntéshez képest kicsiny a dúsulás mértéke, valamint kicsi az energiaigény, ami a

közvetlen hengerlésből és a hengerműveletek kis számából adódik. A melegrepedések kialakulását a vete-medésmentes dermedés akadályozza meg. A 2012-re tervezett üzembe helyezés után nagy Mn-tartalmú HSD-minőségek gyártá-

sára alkalmazzák.

A VDEh (Német Vaskohászati Egyesület) tagvállalatok alapvetően az eljárás biztonságának és stabilitásának, a termék minőségének, az üzem rugalmasságának a növelésében érdekeltek. Hagyományos értelemben a fejlesztési stratégia a vállalatok piaci helyzetének javítását célozza. A jövőben is érdekes lesz a vékonybramma-öntés, amelyet tovább kell finomítani. A szalagöntő-berendezések figyelemre méltók, de csak a jövőbeni fejlesztések döntik el az eljárás gazdaságosságát.

Összefoglalás

A világ népességének növekedése miatt az acéliparnak szembe kell néznie az erőforrások szűkösségével, ami az energia és nyersanyagok árát növeli. A népesség növekedése miatti környezetvédelmi terhelést a környezetvédelem szigorításával korlátozzák. Az acélipari vállalatok csak folyamatos fejlesztésekkel reagálhatnak ezekre a kihívásokra. A fő fejlesztési célkitűzések az energia- és anyaghatékonyság növelésére, a versenyképesség erősítésére, továbbá a hatékonyság, rugalmasság, minőség és logisztika fejlesztésére irányulnak.

Irodalom

- [1] World Steel Association, Statistics 2012
- [2] VDEh Blast Furnace Committee, 2011
- [3] European Blast Furnace Committee
- [4] Steel's CO₂ balance. A Német Acélipari Szövetség megbízására készítette a Boston Consulting Group, 2010
- [5] R. Fandrich, H.-B. Lungen, G.

- Harp, C.-H. Schütz: Steel is Future Steel Institute VDEh, Düsseldorf, 2010. pp. 41–49
- [6] R. Fandrich, B. Kleimt, H. Liebig, T. Pieper, F. Treppschuh, W. Urban: Status of secondary metallurgy and present trends, Stahl und Eisen, 131 (2011) No. 6/7. pp. 75–89
- [7] T. Bohlender, R. Fandrich, H.-A. Jungbluth, G. Kemper, R. Müller, H.-P. Narzt, G. Ney, H. Schnitzer: Steel is Future, Steel Institute VDEh, Düsseldorf, 2010, pp. 64–75
- [8] Adatok a VDEh PLANTFACTS adatbázisából, 2011
- [9] VDEh Committee on metallurgical fundamentals, 2007
- [10] A. Baaske, D. Dübers, R. Fandrich, J. Pischke, P. Quirnbach, L. Schöttler: Refractory raw materials – developments, trends, availability, Stahl und Eisen 131 (2011), No. 4. pp. 57–67
- [11] Jahrbuch Stahl 2011, Verlag Stahleisen, Düsseldorf, 2011

(Fordította: dr. Tardy Pál)

VASAS VIKTOR – SOMOGYI JÁNOS – VERES ZSOLT

A hosszú idejű nitridálás és a gyors nitridálási technológia összehasonlító vizsgálata

Jelen cikkünkben bemutatott kísérletsorozatot és a kapcsolódó vizsgálatokat egy diplomamunka kapcsán végeztük el. A cél egy 34CrAlNi7 jelű acélból készült, nitridált extruder csigán elvégzett hosszú idejű nitridálás karbonitridálással való kiváltás lehetőségének vizsgálata volt. A mért Nht (nitridált rétegvastagság) és a vegyületi réteg vastagság értékek alapján a hosszú idejű nitridálással elérhető eredményeket a vártnak megfelelően, jelentősen rövidebb idejű karbonitridálással is el lehet érni. Ezzel szemben a vizsgálati eredmények alapján értékelése azt mutatta, hogy a két kezelés mégsem cserélhető fel minden alkalmazás esetén. Ennek okát a darabokban mért keménységlefutással, és az azt okozó nitrogénkoncentráció-eloszlással magyarázzuk.

Bevezetés

A cikkünkben vizsgált 34CrAlNi7 jelű acélt termokémiai kezelésekre fejlesztették ki, belőle többek között extruder csiga is készül. A készre gyártott extruder csigák felületét jellemzően hosszú idejű gáznitridálással teszik kopásállóbbá. Munkánk során annak lehetőségét vizsgáltuk, hogy a jelenlegi hosszú idejű hőkezelést rövidebb idejű karbonitridálással érdemes-e kiváltani.

Gáznitridálás, gáz karbonitridálás

Gáznitridáláskor az A_{c1} alatti hőmérsékleten a kemencetérbe juttatott, jellemzően ammónia gáz disszociál, majd az atomos nitrogén egy része a felületen adszorbeál, és a darab belseje felé diffundál [1]. A keletkező nitridkiválások, illetve az oldott nitrogén által okozott rácsstorzulás megnöveli a kezelt darab felületi rétegének keménységét, kopásállóságát. Az ammónia bomlása során keletkező H_2 gátolja a további disszociációt, ezzel

lassítja a nitridálást, növeli a kezelési időt [2–4].

Gázközegű karbonitridálás során az ammónia gázkeverékhez ($NH_3 + N_2$) szén-dioxid gázt adagolnak 2-5% mennyiségben. A szén-dioxid szerepe egyrészt, hogy a felszabaduló hidrogén egy részét megkösse, csökkentve a H_2 parciális nyomását és a nitridálási potenciál értékét emelje. Az aktív nitrogén mellett aktív karbon is diffundál a felületbe, így a nitridálás során létrejövő $\epsilon(Fe_{2-3}N)$ és $\gamma'(Fe_4N)$ fázisokat a karbon karbonitridekké transzformálja: $Fe_{2-3}(NC)$ és $Fe_4(NC)$. Ezek a kiválások tovább növelik a diffúziós zóna keménységét és a munkadarab kifáradási határát [5–7].

Gyorsító hatása miatt ma már a karbonitridálás, vagy gyors nitridálás sok területen kiszorította a nitridálást, mint felületkezelő technológiát.

Kísérletek

A termokémiai kezeléseket a bérhőkezeléseket végző Csepeli Szerszámedző Kft. Degussa típusú aknás, retortás kemencéjében végeztük termelés közben. A kísérleti darabjaink ennek megfelelően nagy tömegű rakattal együtt kerültek hőkezelésre.

A kísérleteinkhez a cég egyik ügyfele által extruder csiga alapanyagként használt 34CrAlNi7 jelű előnemesített állapotú, króm–nikkel–alumínium ötvözesű (1. táblázat) nitridálható acélt választottunk. Nitridálás során nagy felületi keménység és kopásállóság érhető el, így alkal-

Vasas Viktor 2009-ben gépészmérnökként végzett a Miskolci Egyetemen. 2013-ban diplomázott ugyanott a Műszaki Anyagtudományi Karon. Diplomamunkájának témája a gázközegű nitridálás és karbonitridálás összevetése.

Somogyi János 2005-ben diplomázott a Dunaújvárosi Főiskola Műszaki Menedzser szakán. 2008-ban öntész szakon végzett a Miskolci Egyetemen. A Csepeli

Szerszámedző Kft.-nél dolgozik üzemvezetői munkakörben.

Veres Zsolt 2001-ben diplomázott a Miskolci Egyetem Kohómérnöki karán, 2009-ben szerzett PhD-fokozatot ugyanott. A Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében dolgozik egyetemi docensként. Fő kutatási területe fémek kristályosodása és acélok termokémiai kezelése.

mas extruder csigák gyártására.

Az alapanyagból Ø 40 x 10 mm méretű próbatesteket készítettünk, amelyeket zsirtalanítás után helyeztünk a kemencébe. A kész, hőkezelt darabokat koptató vizsgálattal, keresztmetszeten végzett keménység-méréssel és optikai mikroszkóppal vizsgáltuk.

A próbadarabok nitridálása, illetve karbonitridálása során az egyes eljárások hőmérséklete és gázösszetétele típusonként azonos volt, ellenben a hőkezelés idejében eltértek egymástól.

Gáznitridálás során a telítési hőmérsékleten bevezetett nitrogén- és ammóniagáz aránya 1:3 (25%–75%) volt. A felfűtés két lépcsőben történt az 520 °C-os telítési hőmérsékletig, hogy a nagyméretű alkatrészek áthűlésére is legyen idő.

Gáz karbonitridálás során magasabb telítési hőmérsékleten, 565 °C-on dolgoztunk, a bevezetett gázok térfogataránya a következő volt: 45% N₂, 50% NH₃ és 5% CO₂.

Megjegyzendő, hogy mivel a próbadarabokat a termelésbe illesztve kellett kezelnünk, nem alkalmazhatunk tetszőleges telítési időt a kísérleteinkhez. Ennek következtében több kísérletünket csak több egymást követő hőkezeléssel tudtuk elvégezni. Ezt a 2. táblázatban jeleztük.

Mérések

A nitridálás és karbonitridálás eredményeinek kiértékeléséhez keménységmérést, vegyületi rétegvastagság mérést és koptató vizsgálatot végeztünk.

A nitridált rétegvastagság mérése

A kísérletek után a darabokat kettévágtuk, és egy alkalmasan kialakított szorító keret segítségével lágyított vörösréz lemezekhez szorítottuk, hogy a vegyületi réteg mintaelőkészítés közbeni lepattogását megakadályozzuk.

A csiszolást és a polírozást követően a darabokon több helyen mértünk 25 mérésből álló keménységlefutást. Az alkalmazott terhelés 20 gramm, a lenyomatok középpontjának távolsága 40 µm volt. Az első nyomot a darab szélétől 20 µm távolságra nyomtuk.

Nht alatt azt a hőkezelt felülettől mért távolságot értjük, ahol a ke-

1. táblázat. A 34CrAlNi7 (1.8550) jelű acél vegyi összetétele

Ötvöző	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Al
Tömegszázalék	0,36	0,3	0,6	1,7	0,2	1,0	1,0

(Forrás: www.boehler.hu.hungarian/files/1.8550.pdf)

2. táblázat. A mintadarabok jelölése, kezelésük ideje és a hőkezelési ciklusok száma

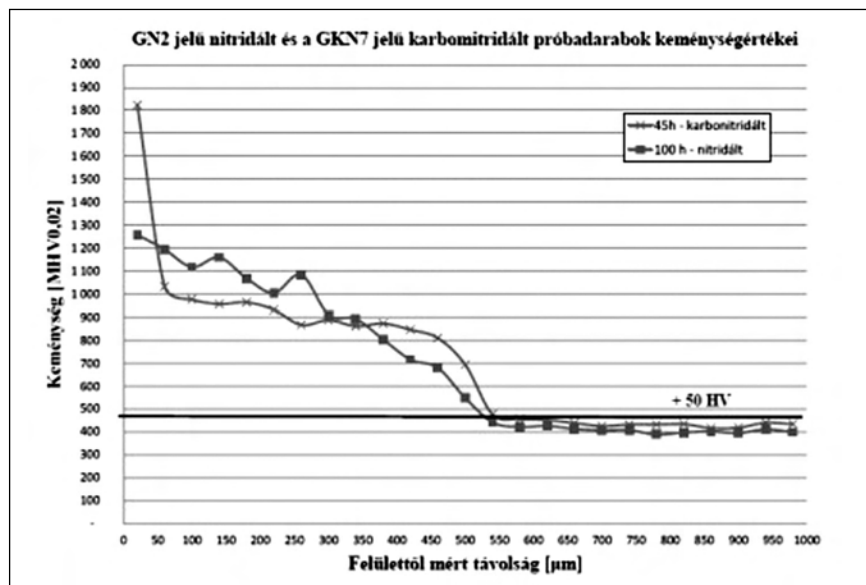
Nitridálás ideje [h]	64	100	164	178
Minta jele	GN3	GN2	GN1	GN9
Hőkezelési ciklusok száma	1	1	2	2
Karbonitridálás ideje [h]	12	23	33	45
Minta jele	GKN4	GKN5	GKN6	GKN7
Hőkezelési ciklusok száma	1	2	3	4

ménység értéke a magkeménység (420 HV_{0,02}) +50 HV alá csökkent. (1. ábra)

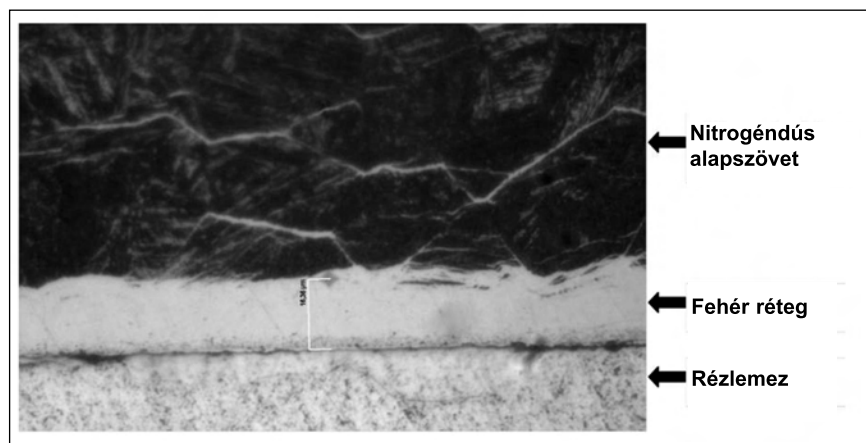
A vegyületi réteg vastagságának mérése

A 2%-os Nitalban maratott mintákon

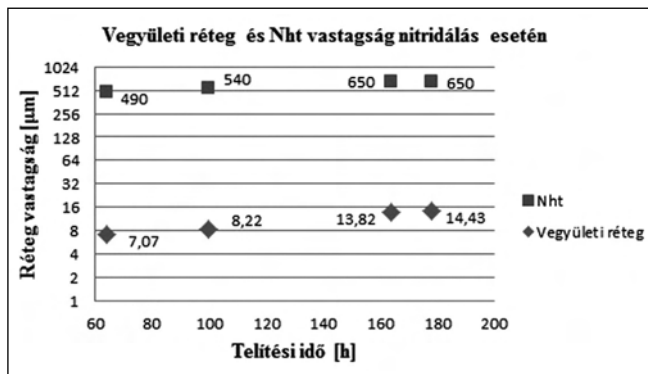
fénymikroszkóp és képelemző program segítségével megmértük a vegyületi réteg vastagságát (2. ábra). A mérések során főleg a nitridált darabok esetében okozott némi nehézséget, hogy a vegyületi réteg határa nem élesen kivehető, fűrészfogas jel-



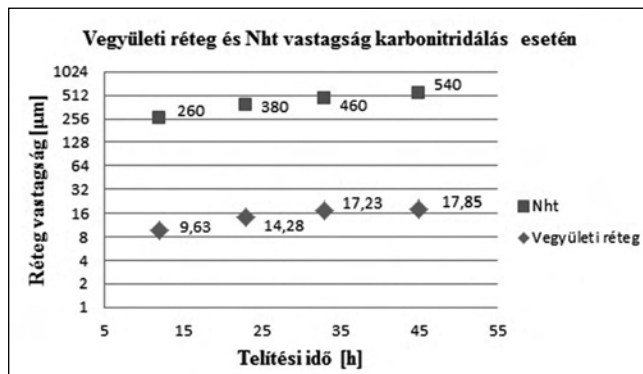
1. ábra. 1.8550 jelű acél keménységlefutása 100 órás nitridálás, és 45 órás karbonitridálás esetén



2. ábra. GKN5 23 órás karbonitridált mintadarab vegyületi rétege 1000x nagyításban



■ 3. ábra. Nitridált darabok vegyületi és teljes nitridált réteg vastagságai az idő függvényében



■ 4. ábra. Karbonitridált darabok vegyületi és teljes nitridált réteg vastagságai az idő függvényében

legű. Ezekben az esetekben is azt a vastagságot mértük meg, ameddig a vegyületi réteg tömör, összefüggő és egyenletes.

Koptatóvizsgálat

Koptatóvizsgálathoz Pin on disc elrendezésű, fixgolyós koptatógépet alkalmaztunk, ahol a koptatógolyó fix helyzetű, a próbadarab pedig forgómozgást végez. A méréshez használható paraméterek erősen korlátozottak voltak, így a kísérleteket szobahőmérsékleten, 5 N terheléssel végeztük, a megtett út 450 méter volt 30 cm/s-os sebességgel. A koptató ellenest anyagának alumínium-oxidot alkalmaztunk.

Mért eredmények

A már bemutatott 1. ábra ábrázolja egy nitridált és egy karbonitridált darab keménységi értékeit. A felszín közelében a keménység a vártnak megfelelően jelentősen nagyobb, mint a magkeménység. A keménységértékek a felülettől a mag felé haladva fokozatosan csökkennek, majd egy közel állandó értéken stagnálnak.

A vegyületi réteget és a nitridált illetve karbonitridált réteget közös diagramokban (3–4. ábra) ábráztuk. Természetesen a telítési idő növelésével mind a vegyületi rétegek, mind az Nht esetén nagyobb értékeket kaptunk.

A két felületkezelési technológia összevetésénél a jelenleg alkalmazott 100 órás gáznitridált és a vele azonos Nht-t biztosító 45 órás karbonitridált darabok eredményeit vettük alapul. A görbék jellege a többi kísérletnél is hasonlóan alakult.

A két darab keménységértékeit összevetve könnyen megállapítható,

hogy a karbonitridálás esetén a felülethez közeli keménységérték kiugróan magas a nitridált darab adataihoz képest. Ellenben az is szembetűnő, hogy a karbonitridálásnál a keménység hirtelen csökken és a nitridált darab értékei alá esik. Ez a hirtelen esés figyelmeztetett arra, hogy bár a karbonitridálásnál nagyobb keménység érhető el, ez az előny kis távolságon belül megszűnik. A 470 HV értéknél húzott egyenes a két görbesereget közel azonos távolságoknál metszi, így a két eljárás során elért réteg vastagsága azonosnak tekinthető (1. ábra).

A koptatóvizsgálatok közben a beállítható paraméterek erősen korlátozottak voltak, ezért a koptatás mértéke túlságosan kicsi volt. Ezért az eredményekből messzemenő következtetéseket nem tudtunk levonni, egyértelmű összefüggéseket nem találtunk. Hogy mégis közeljük őket, az az oka, hogy a két technológia eredményei között mutatkozik különbség. Míg a 100 órán keresztül nitridált darabon a koptatási árok mélysége 6,3 μm, addig a 45 órás karbonitridált darabon 8,3 μm. Bár ezen méréseket meg kell ismételni nagyobb teljesítményű koptatóberendezéssel, a mért

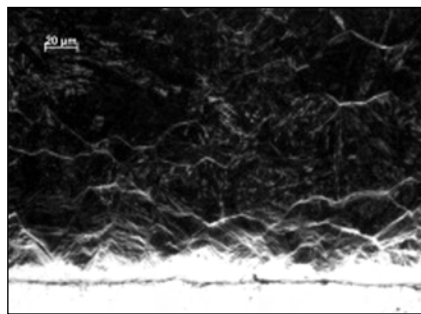
eredmények alátámasztják a keménységlefutásból levont következtetéseket.

Figyelembe véve az alkatrészek teljes élettartamát, kijelenthető, hogy a klasszikus nitridálás során a teljes nitridált réteg kedvezőbben alakul ki. Bár karbonitridálással is biztosítható olyan mértékű Nht, mint ami a nitridáláskor létrejön, mégis a nitridált darabok tovább üzemeltethetők. Az üzemelés során fellépő koptató hatás miatt szükséges, hogy a mélyebb rétegekben is magasabb keménységű, kopásálló réteg alakuljon ki.

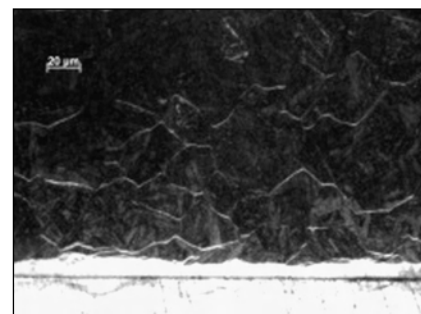
A mikroszkópos vizsgálatok alapján a két kezeléskor kialakult vegyületi réteg alakja szembetűnően különbözik egymástól. A gáznitridált darabokon a fehér réteg fűrészfogra emlékeztetően alakult ki (5.a. ábra), amíg gyors nitridáláskor az a morfológia nem vagy csak enyhébb formában jelent meg (5.b. ábra). Megfigyelhető, hogy a nitridált minta belsőbb rétegeiben jóval több a kiválások mennyisége, amelyek a keménységet megnövelik.

Összefoglalás

Vizsgálataink során a 34CrAlNi7 elő-



■ 5.a ábra. A GN9 jelű minta szövete képe N=500x



■ 5.b ábra. A GKN5 jelű minta szövete képe N=500x

nemesített acél gázban történő nitrídálását és karbonitridálását hasonlítottuk össze a kopási tulajdonságok, az elért rétegvastagságok és keménységfutasok szempontjából. A mért eredmények alapján kijelenthető, hogy bár a rövid idejű karbonitridálás sok esetben gazdaságosan kiválthatja a nitrídálást, azon esetekben, ahol a darab kopásállósága fontos szempont, és nem fenyeget a ridegtörés veszélye, van létjogosultsága a hosszú idejű nitrídáló kezelésnek.

Irodalomjegyzék

- [1] Veres Zs., Szurdán Sz., Roósz A.: Gáznitrídálás a Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében, BKL Kohászat, 2012/5. pp. 12–16.
- [2] T. Wöhrle: Thermodynamics and kinetics of phase transformation in the Fe-N-C system, Dissertation an der Universität Stuttgart, 2012
- [3] ASM Handbook Heat Treating, USA, 2006
- [4] E. J. Mittemeijer: Thermodynamics, kinetics, and process control of nitriding, Surface Engineering, 1997/13. pp. 482–497.
- [5] K. H. Jack: Nitriding, Heat treatment, London, 1973. pp. 39–50.
- [6] P. B. Friehling, M. A. J. Somers: On the effect of preoxidation on nitriding kinetics, Surface Engineering, 2000/16. pp. 103–106.
- [7] A. Leineweber: Simultaneous control of the nitrogen and carbon activities during nitrocarburising of iron, Surface & Coatings Technology 206, 2012, 2780–2791.

A MVAE 2013. december 12-i évzáró ülése

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés december 15-én tartotta évzáró taggyűlését. A program a hagyományoknak megfelelően két részből állt: az acélipar globális és hazai helyzetének értékelése, ill. beszámoló a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés 2013. évi munkájáról.

Az acélipar globális és hazai helyzetéről dr. Lukács Péter, a MVAE elnöke adott áttekintést. Előadásának legfontosabb tézisei az alábbiakban foglalhatók össze.

A világ legnagyobb része mára túljutott a 2008-ban kezdődött válságon: a fejlődő országok GDP-je dinamikusan (5-6%) nő, a fejlett régiókban is megindult a növekedés, amelynek üteme azonban töredéke a fejlődő országokénak (1-2%). Az Európai Unió esetében az a pozitívum, hogy 2013-ban már nem csökkent a gazdasági teljesítmény, és 2014-re enyhe (1-2%-os) növekedést jósolnak. A jelek szerint 2014-ben is csak a válság előtti igény 70%-ával lehet számolni az EU-ban. Kínában ugyanezen idő alatt 70%-kal nőtt a felhasználás, és Kína ma a globális acéltermelés közel felét adja.

Az Európai Bizottság fenti helyzet elemzése során figyelemre méltó megállapításra jutott: a meghatározó tagállamok gazdasági szerkezete lényegesen módosult az elmúlt 15 évben. Németországban – amely a leggyorsabban tudott reagálni a válságra – az ipar részaránya magas maradt, a többi országban viszont

lényegesen csökkent. Ebből arra következtettek, hogy az ipar (a termelő tevékenység) meghatározó fontosságú a gazdaság növekedésben (korábban az volt a vélemény, hogy a fejlett országokban a szolgáltatások részaránya a legfontosabb). Ebből kiindulva az Európai Bizottság 2012-ben határozatot hozott az ipar részarányának növelésére az EU egészében, azaz a régió újraiparosítására.

A termelési tevékenység növeléséhez stabil, versenyképes acéliparra van szükség. Az Európai Bizottság ennek ismeretében létrehozta az acéliparral foglalkozó „Magasszintű Kerekasztalt”, amelybe a jelentős acéliparral rendelkező tagországok képviselőit hívták meg. A Kerekasztal résztvevői három ülés után 2013 tavaszán nyújtották be javaslatukat a Bizottsághoz.

A Bizottság a javaslatok többségének elfogadására alapozva röviddel ezután elkészítette és közzétette a *Cselekvési terv* a versenyképes és fenntartható acélipar számára Európában című dokumentumot, amely a legfontosabb feladatok mellett tartalmazza lényegében a Bizottság vállalásait a címben meghatározott cél érdekében. A legfontosabb tézisek a következők:

- a nagy acélfelhasználó ágazatok növekedésének serkentése az acélkereslet növelése érdekében;
- azonos versenyfeltételek biztosítása a külső és belső piacokon (a piacvédelem korszerűsítése, a külső piacokra való kijutás elősegítése);

- az acélipar igényeinek figyelembe vétele az energiapolitikában (energiaárak és költségek elemzése, energiahatékonyság javítását célzó fejlesztések támogatása);
- olyan klímapolitika, amely nem veszélyezteti az acélipar versenyképességét;
- a versenyképességet javító K+F tevékenység támogatása;
- a szakképzés javítása, a leépítések során felszabaduló munkaerő foglalkoztatásának támogatása.

Az Unióban felhasznált energiahordozók döntő többsége importból származik. Az USA-ban kialakult „földgáz forradalom” (a palagáz-kitermelés gyors növekedése) következtében a földgáz ára az USA-ban töredéke a többi fejlett országnak, és részben ennek következményeként az USA villamos energia árai is lényegesen alacsonyabbak. Ez az Unió acéliparát is súlyosan érinti, mert a termelési költségek területén nem tud versenyezni az USA acéliparával. Bár Európában is jelentős palagázkészleteket mutatnak ki, de a kitermelés egyelőre főleg környezetvédelmi okokból súlyos akadályokba ütközik.

Környezetvédelem területén az Ipari Emissziós Direktíva bevezetése veszélyeztetheti az acélipar versenyképességét. A Direktíva szerint a környezetvédelmi engedélyek kiadását a környezetvédelmi szempontból legjobb technikák (BAT) adataira alapozzák. 2012-ben elkészült az acélipari BAT-tanulmány, amely tartalmazza

ezeket az adatokat. Teljesítésükhöz költséges fejlesztésekre lehet szükség; ez volt az oka, hogy a US Steel ki akart vonulni a Kassai Acélműből. Ezt csak azért nem tette meg, mert a szlovák miniszterelnök vállalta, hogy a kormányzat fedezi a környezetvédelmi fejlesztési költségeket. Ebből tanulva az Akcióterv kilátásba helyezte, hogy a Bizottság az állami támogatás lehetőségét erre a célra általánossá teszi.

Az energiaköltségek csökkentése érdekében az acéliparnak tovább kell csökkenteni a fajlagos (termelésre vetített) energiafelhasználását. Ezen a területen már eddig is jelentős eredmények születtek; a német acéliparban pl. 1960-hoz képest 40%-kal csökkent. Az EU ezen a téren élenjárónak tekinthető.

Különösen érzékeny terület volt az acélipar számára 2013-ban az EU klímapolitikája. Bár a vaskohászat CO₂-kibocsátása alig több, mint 2%-a az összkibocsátásnak, a CO₂-kereskedelem 2014–2020-ra tervezett változásai igen súlyosan fogják érinteni az ágazatot. Az emisszió kereskedelem eddig nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, ezért a Bizottság utólagosan próbálja meg csökkenteni az érzékeny iparágaknak (köztük a vaskohászatnak) juttatott ingyenes kvóták mennyiségét, hogy ily módon növelje a keresletet és az árakat a CO₂-piacon.

Ugyanezt a célt szolgálja a benchmark alapú kvótaelosztás bevezetése. Ennek lényege, hogy az energetikailag hatékony, kis fajlagos kibocsátású vállalatok ne szoruljanak kvótavásárlásra, az energetikai szempontból gyengébb, ezért nagyobb fajlagos kibocsátású vállalatok viszont igen. Az alapelv helyes, a megvalósítás azonban nem: a benchmark értékeket olyan kicsinyre szabták, hogy a leghatékonyabb vállalatoknál is kvótahiány keletkezik.

Az energiaintenzív ágazatokat az is sújtja, hogy a villamos erőműveket kivonták a kedvezményezett (ingyenes kvótát kapó) ágazatok közül, így a piacról kell beszerezniük a kvótáikat, ami növeli a költségeiket és ezt a felhasználóikra hárítják. A villamos energia árnövekedése miatt a felhasználóknál jelentkező többletköltségeket az állam megtérítheti; kérdés azonban, hogy ez ténylegesen meg fog-e történni (eddig kevés ország jelezte erre a hajlandóságot). Ez a változás első sorban az elektroacélműveket érintheti súlyosan.

A MVAE 2013. évi tevékenységéről Szabados Ottó, a MVAE igazgatója adott tájékoztatást. Elmondta, hogy az Egyesülés 2013-ban négyszer ülésezett; az üléseken a fent tárgyalt problémák hazai vonatkozásairól, ill. a problémák enyhítésére vonatkozó erőfeszítésekről volt szó.

A versenyképes európai acélipar fent említett cselekvési tervét (akcióprogramját) az Európai Parlament elé terjesztették vitára. Az előterjesztő Gyürk András magyar EP képviselő lett, aki kérte az Egyesülés véleményét az akcióprogramról. A MVAE ennek megfelelően írásos anyagot készített, amit az Egyesülés elnöke és igazgatója ismertetett és vitatott meg Gyürk Andrásal. Az általa és munkacsoportja által készített anyag meszesemenően figyelembe vette az acélipar véleményét és az Európai Parlamentben lefolytatott vitán jelentős támogatást kapott.

A klímavédelmi rendszer módosítása egyike volt a legtöbbet vitatott területeknek 2013-ban. A viták során világossá vált, hogy az Európai Bizottság mindenképpen módosítani fogja a rendszert.

Az EB 2012-ben közzétette a 2050-ig kiterjedő ún. Dekarbonizációs tervet

(az energiafelhasználás és a CO₂-kibocsátás csökkentése). Eszerint 2050-ig 80%-kal kellene csökkenteni ezeket a mennyiségeket, ami technikailag lehetetlen. Hazai Dekarbonizációs Útiterv is készült, amelynek kidolgozásába bevonták az érintett ágazatok képviselőit, a MVAE-t is. Több ülés után elkészült a tervezet, amely sokkal kevésbé terheli az ipart, mint az eredeti EB-tervezet.

2013-ban a MVAE lobbitevékenységének kiemelten fontos célkitűzése lett a fordított ÁFA bevezetése a betonacél termékekre: a jelenlegi helyzetben az importált termékek ára az ÁFA elkerülése következtében alacsonyabb (néha lényegesen) a hazai termelés költségeinél.

Az Egyesülés az illetékes nemzetközi szervezetekben a magyar acélipar képviselőjeként vesz részt a munkában; itt az EUROFER, az Acélipari Világszövetség (WSA), valamint az EU Szén- és Acél Kutatási Alapja emelhető ki. Említésre méltó, hogy két külföldi rendezvényen plenáris előadóként szerepeltünk és 2013-ban a legnagyobb európai acélipari szaklapban, a Stahl und Eisen-ben publikáltunk.

Az ülésen adták át a vaskohászat érdekében kifejtett kiemelkedő tevékenységet elismerő Vaskohászati Emlékérmet, amit ebben az évben Hevesiné Kövári Éva és Nyikes Csaba (mindkettő az ISD Dunafer magas beosztású munkatársa) kapott meg.

A közgyűlés végén az elnök a hagyományoknak megfelelően megköszönte a MVAE munkatársainak és a tagvállalatok képviselőinek az egész évi munkát, majd sikeres, boldog új évet kívánt a jelenlévőknek.

 Tardy P.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület

104. (tisztújító) KÜLDÖTTGYŰLÉSÉT

2014. május 23-án (pénteken) 10.30 órakor tartja

a Miskolci Egyetem Díszaulájában

A küldöttgyűlés nyilvános, minden egyesületi tagot szeretettel várunk.

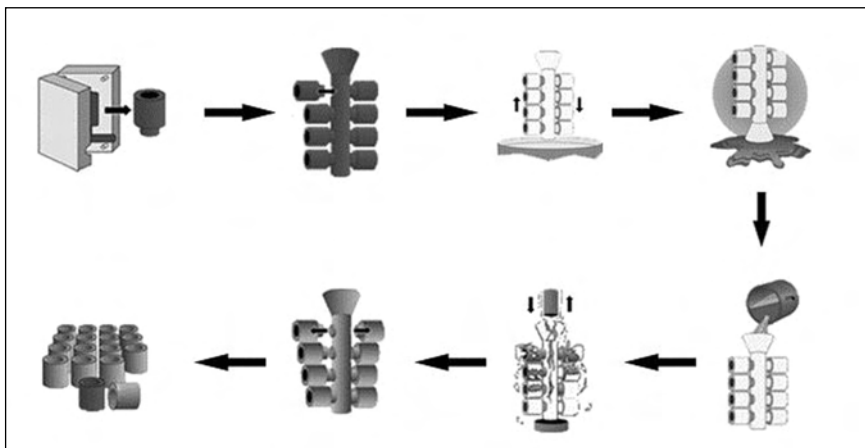
DEFFEND ENIKŐ

Szuperduplex acél bevezetése a Magyarmet Bt.-nél

A több mint 30 éves múlttal rendelkező Magyarmet Finomöntőde Bt. beépítésre kész alkatrészek nemzetközileg elismert szállítója. Az öntőde a megbízható és pontos viaszkiolvasztásos precíziós öntést széles alapanyag-választékkal párosítja: gyengén és erősen ötvözött (korrózió- és hőálló) acélok, kopásálló ötvözetek, Ni- és Co-bázisú ötvözetek, ezek száma ma már eléri a 190-et. Elsősorban kis és közepes szériájú precíziós öntvényeket gyárt 40 kg tömeghatárig és 500 x 400 x 300 mm befoglaló méretig. A formailag bonyolult alkatrészek, vagy különleges ötvözetek esetében a Magyarmet Bt. mindig megtalálja az utat az új megoldáshoz.

1. Bevezetés

A több mint 30 éves múlttal rendelkező Magyarmet Finomöntőde Bt. közel 90%-ban beépítésre kész alkatrészeket gyárt, ezek nemzetközileg elismert szállítója. A bicskei öntőde a megbízható és pontos viaszkiolvasztásos precíziós öntést (1. ábra) széles alapanyag-választékkal párosítja: gyengén és erősen ötvözött (korrózió- és hőálló) acélok, kopásálló ötvözetek, Ni- és Co-bázisú ötvözetek, ezek száma ma már eléri a 190-et. Elsősorban kis és közepes sorozatú precíziós öntvényeket gyárt 40 kg tömeg-

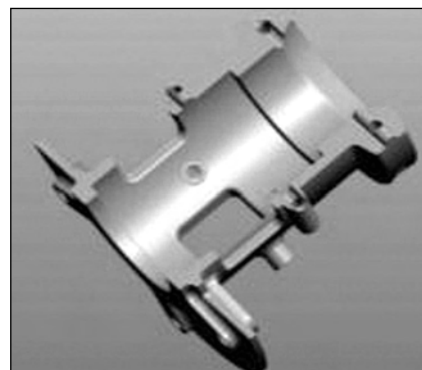


1. ábra. A precíziós öntés sematikus folyamatábrája

határig és 500 x 400 x 300 mm befoglaló méretig. A bonyolult alkatrészek, vagy különleges ötvözetek esetében a Magyarmet Bt. mindig megtalálja az utat az új megoldásokhoz, ezzel is többletet kínálva vevőinek.

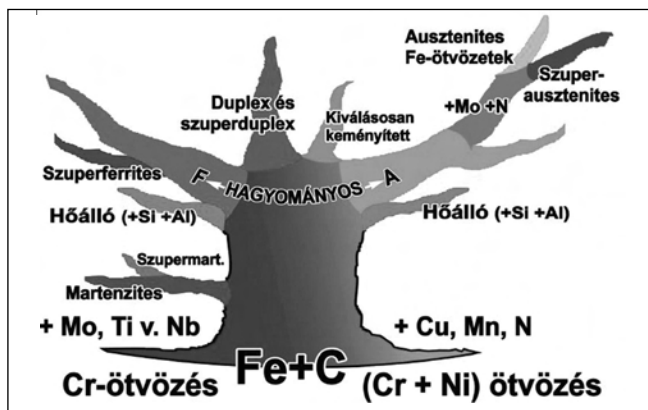
2011-ben egy szélérőműveket gyártó angol cég kereste meg a Magyarmet Bt.-t egy érdekes témával kapcsolatban: a 2012-es, Angliában rendezendő olimpiai játékok energiaellátásának egy részét megújuló energiaforrásból, szélenergiából szándékoztak előállítani. A szigetország szokásos energiakapacitása nem fedezte az olimpia idejének fokozott energiaigényét, ezért szélérőműveket telepítettek a brit partok közelébe, a tengerre, hogy értékes szárazföldi területet ne raboljanak el, s a lakosságot se zavarják vele. Az öntőde olyan

szélérőműveknek a vezetéktartó, ún. „fogólapház” alkatrészének gyártását kapta feladatául, amelynek funkciója a szélérőműveket összekötő kábelek megóvása volt (2. ábra). A „fogólapház” alkatrészhez olyan anyagot kellett választani, amely ellenáll a szélsőséges időjárási körülményeknek, a nagy nyomású sós tengervíznek, a fagynak, vagy akár az olajnak is, mindezek mellett 20 éven át is nagy szilárdságú, és megfelelő nyúlással rendelkezik [1].

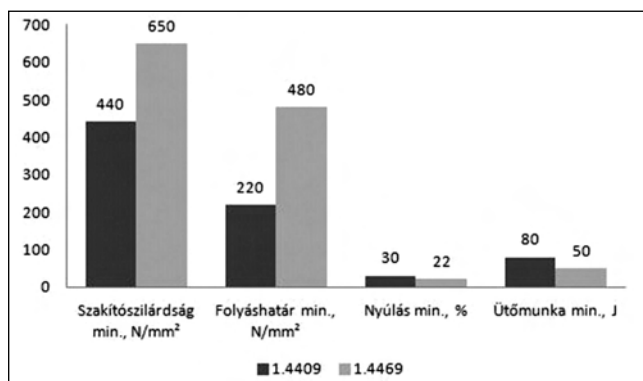


2. ábra. A „fogólapház” háromdimenziós képe

Deffend Enikő anyagmérnök (BSc), a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi karán szilikát-, polimertechnológia szakirányon végzett 2010-ben. Az ajkai Le Bélier Magyarország Formaöntőde Zrt.-nél kezdett dolgozni mint minőségügyi mérnök, termékfelelős. 2011-től dolgozik a Magyarmet Bt. műszaki osztályán gyártás-előkészítő mérnökként. Főbb feladatai: új termékek bevezetése, folyamattervezés és a már meglévő termékek gyártástechnológiájának fejlesztése, ezen felül környezetvédelmi és auditori feladatokat is ellát.



■ 3. ábra. A duplex acélok „családfája”



■ 4. ábra. A hőkezelt állapotú 1.4409 és 1.4469 anyagminőségek jellemző mechanikai tulajdonságai

2. Az anyagminőség kiválasztása

Fél év folyamatos kutatás, fejlesztés és tervezés előzte meg az első mintadarabok gyártását. Kiinduló pontként az ötvény alapanyagának kiválasztásához azt a vevő által adott információt használtuk fel, hogy a korábbi beszállítójuk az adott alkatrészt rozsdamentes, ausztenites acélból készítette, a 1.4409 számú DIN szabványnak megfelelően. A problémát az jelentette, hogy az ötvények a tengerben hamar korrodálódtak, és nem volt meg a gyakorlati körülmények között elvárt szilárdságuk sem. Ezeknek a tudatában csak egy acéltípus, az ún. duplex acél felelt meg a magas minőségi követelményeknek.

A duplex acélok erősen ötvözött korrózióálló acélok, zömében két fázis alkotja az acél szövetszerkezetét: a ferrit és az ausztenit (3. ábra). Ennek az a jelentősége, hogy kihasználják mindkettő előnyét: a ferrit javítja a korrózióállóságot, az ausztenit pedig biztosítja a szívósságot, alakíthatóságot és a hegeszthetőséget. Általánosan jellemző ezekre az acélokra, hogy az ötvözők mennyiségének növelésével egyre nagyobb valószínűséggel jönnek létre különböző kiválások – a karbon mennyiségének csökkentése ezért is szükséges. A Cr-ötvözés célja a korrózióállóság javítása, a Ni-tartalom pedig növeli a szívósságot. A nitrogén szerepe a lyukkorrózióval szembeni ellenálló képesség javítása és a szilárdság növelése. Ezen három ötvözőt minden duplex acél tartalmazza, de a különböző környezeti hatásoknak való ellenállás, az elvárt mechanikai jellemzőknek, az alakíthatóságnak való megfelelést további

mikroötvözőkkel kívánják biztosítani, úgymint: Mo, W, B stb. [2].

A korrózióállósági követelményeknek megfelelően kifejlesztettek új, rozsdamentes duplex acélokat, jelenleg az alábbi típusokat különböztetik meg:

- 22% krómtartalmú, molibdénnel is ötvözött, rozsdamentes duplex acél, PRE-érték: ~30, ahol PRE (Pitting Resistance Equivalent) a lyukkorróziós ellenállási egyenérték
- 25% krómtartalmú, rozsdamentes duplex acél, PRE-érték: ~31–40
- 25% feletti krómtartalmú, 0,25% körüli nitrogéntartalmú, molibdénnel ötvözött, rozsdamentes, ún. szuperduplex acél, PRE-érték: ~40–45
- 27% feletti krómtartalmú, 0,25% feletti nitrogéntartalmú, 3,5% feletti molibdénnel ötvözött, rozsdamentes, ún. hiperduplex acél, PRE-érték: > 45
- 22% krómötvözésű, 0,2% alatti nitrogéntartalmú, molibdénnel alacsonyban ötvözött, rozsdamentes, ún. soványduplex acél, PRE-érték: <30.

Összességében a megfelelő duplex acél kiválasztásánál három alapvető tényezőt kellett figyelembe venni:

1. Milyen felhasználási területen kívánják beépíteni és használni az adott ötvényt?
2. Milyen áron lehet beszerezni az alapanyagot, hiszen napjaink versenyközpontú piacán talán ez a legfontosabb szempont.
3. Vevői követelmény, hogy a választott acél lyukkorróziós ellenállási egyenértékének (PRE) 40-nél nagyobbak kell lennie.

Értékelve a kapott eredményeket egyértelműen megállapítható, hogy a legjobb tulajdonságokat – szakítószilárdság, nyúlás, ütőmunka és a pitting

korróziós index – az 1.4469-es szuperduplex anyagminőség adta. E szempontok alapján a 1.4469 EN szabvány szerinti besorolású szuperduplex acélt választottuk gyártásra, amely a már említett 1.4409-es acélt váltotta fel (4. ábra).

3. Az 1.4469-es szuperduplex acél vizsgálata a „fogólapház” gyártása során

3.1. Adagonkénti vegyi összetétel vizsgálata, a lyukkorróziós tényező meghatározása

Az előírt vevői specifikációknak megfelelően, a gyártás során minden öntött adagnál külön vegyi összetételt vizsgáltunk (1. táblázat), majd ebből kiszámoltuk az adagonkénti pitting-indexet.

A lyukkorróziós index képlete:

$$PRE = Cr + 3,3 Mo + 16 N$$

Az 1. táblázat szemlélteti, hogy a vegyi összetétel változásával az index értéke is változott. A Cr, Mo és Ni %-os mennyiségének emelkedésével nőtt a tényező értéke is. A legmagasabb értéket a 13-4166-os adagnál érték el, itt volt a Cr értéke is a legmagasabb. Az adagok összetételének vizsgálatához minden esetben SpektroLab LM-10 spektrométert használtunk.

3.2. A mechanikai tulajdonságok vizsgálata

Az 1.4469-es ötvözetet a jól önthetőség, a nagy korrózióállóság, a könnyen elvégezhető megmunkálás, a nagy szilárdság, a nagy nyúlás és a

1. táblázat. A különböző öntési adagok összetétele és lyukkorróziós indexe

Adagszám	Anyag-minőség	C (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Cu (%)	N (%)	PRE ≥ 40
13-3972	1.4469	0,026	26,78	4,58	6,75	0,234	0,188	44,902
13-4110	1.4469	0,027	26,40	4,56	7,09	0,193	0,200	44,648
13-4166	1.4469	0,025	26,86	4,57	6,51	0,191	0,196	45,077
13-4602	1.4469	0,027	26,60	4,49	7,06	0,173	0,199	44,601
13-4631	1.4469	0,028	26,83	4,55	7,02	0,179	0,192	44,917

2. táblázat. A „fogólapházak” öntési adagokénti mechanikai tulajdonságai

Adagszám	Anyag-minőség	Folyáshatár(Rp _{0,2}) N/mm ²	Szakító-szilárdság (R _m) N/mm ²	Szakadási nyúlás (A ₅) %
13-3972	1.4469	534,0	782,5	23,1
13-4110	1.4469	528,0	745,3	22,5
13-4166	1.4469	553,9	776,8	22,3
13-4602	1.4469	555,2	779,4	22,1
13-4631	1.4469	539,6	755,3	23,5

felületi hibák hegesztéssel való javíthatóság jellemezte. A mechanikai vizsgálatokhoz a Magyarmet Bt. saját laboratóriumában Instron 5988-as típusú elektromechanikus szakítógépet használtunk, amelynek a maximális szakítóereje 400 kN. A mérések eredménye a 2. táblázatban látható [3].

3.3. Mikroszkópos vizsgálat

Az ausztenites-ferrites acélnek a ketős szövetszerkezet miatt közismert neve: duplex acél. A duplex acél mikroszerkezete nagy korrózióállóságot biztosít nyomás alatti törés és erózió esetén is. Az eredmény két kristályfázis, mindegyik olyan összetétellel, amely az adott fázist korrózióállóvá teszi. A duplex minőségekben térben középpontos kockarácsú fázis (ferrit) és felületen középpontos kockarácsú fázis (ausztenit) található. Így egy ötvözetben hasznosítani lehet mindkét fázis előnyös tulajdonságait.

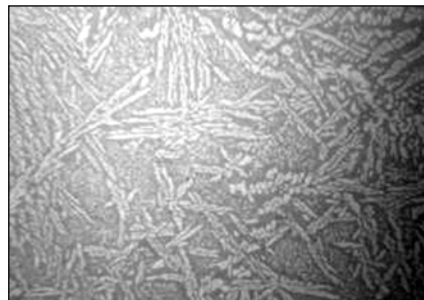
Szövetvizsgálathoz Struers mintaelőkészítő sort, nevezetesen: Discotom-5 daraboló gépet, LaboPress-3 mintabeágyazó gépet, Rotopol-11 csiszoló- és polírozó gépet, valamint Carl Zeiss Epityp 2-es fémmikroszkópot használtunk. Az 5. ábrán látható jellemző szövetképet kaptuk.

4. Az új ötvözet további fejlesztéseket generált a cégnél

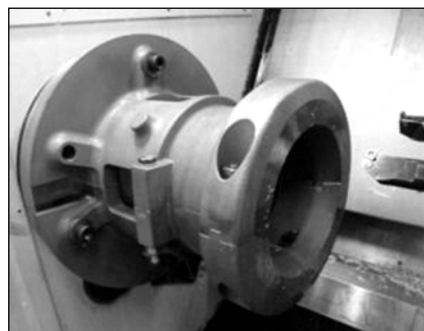
A „fogólapház” az öntőde életében for-

radalmi változásokat hozott. Anglia ugyan a precíziós öntvények hazája, ott mégsem talált a megrendelő cég megfelelő kivitelezőt a „fogólapháznak” vagy „kábefogóháznak” nevezett, szuperduplex acélból készült öntvény gyártására. A Magyarmet Bt. megfelelt a kihívásnak [4]. Az egyik legkiemelkedőbb teljesítmény, hogy sikerült betörnie egy olyan újabb piaci szegmensre, ahol az európai precíziós öntészet 50%-át az angol öntődék adják. Figyelemre méltó, hogy 2012-ben a cég angol exportja majdnem a duplájára nőtt. Az exportbevétel fő hányadát természetesen a megbízó angol cég megrendelése biztosította, de sok más angol vállalat is partnerünké vált.

A második, újító vonzata ennek az öntvénynek az új anyagok, eszközök, gépek és berendezések beszerzése volt, valamint kialakított a cégen belül egy tudatos jövőképet is. Nagy tömege és mérete miatt olyan, robottal működtetett héjképző konvejpálya megtervezését és kivitelezését igényelte, ahol már nagy sorozatban, hasonló paraméterű darabok tökéletes minőséggel kivitelezhetők. A „fogólapházhoz” egyedi mozgató kocsi-
kat, darukat, héjjavító asztalt, mosási és öntési technológiát kellett kidolgozni. A vevő készre munkálva igényelte a darabokat, így új CNC-megmunkáló központokat is vásárolni kellett a pontosság, a kiváló minőség és a gyártási sebesség növelése érdekében.



5. ábra. Ausztenites-ferrites szövet (kb. 42% ausztenit 58% ferrit), N=100X



6. ábra. Fogólapház-pár megmunkálás közben

A Magyarmet Bt. örömmel vette, hogy ezzel a termékfejlesztéssel közvetett módon a cég megnyerte belépőjét a 2012-es olimpiai játékokra, így segítve, bővítve a magyar sikereket, és ami a legfontosabb: közvetlen módon, az olimpiai energiaellátásban működhetett közre. Ennek hatására egy dolog biztossá vált: az egész üzem, a fejlesztőcsoport, a műszaki osztály, egyszerűen mindenki kicsit más szemmel nézte a londoni olimpiai játékokat a Magyarmet Finomöntőde Bt.-nél, mint bárki más Magyarországon [1].

5. Hivatkozások

- [1] Kelemen Petra: Magyar siker az angol vizeken, avagy hogyan lesz az egérből elefánt. Innovációs pályázat, Magyarmet Bt., 2013.
- [2] Pécsi Dénes: Duplex acél alkatrész megmunkálásának optimalizálása. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, 2012.
- [3] Fortágh Tamás: A „fogólapház” 1.4469-es anyagának laboratóriumi vizsgálata. Előadás, Magyarmet Bt., 2012.
- [4] Sz. n.: Magyar öntvények a brit tenger vízfélén, Fejér Megyei Hírlap, 2012. júl. 27.

Dinamikus fejlődés a Magyarmet Bt.-nél

A Magyarmet Finomöntőde több mint száz eltérő anyagminőségből dolgozik, és több ezer különböző terméket állít elő, kezdve a térdprotézistól a nagyméretű járókerekekig. Ahhoz, hogy vezető szerepünket megtarthassuk és nyereségesek legyünk, folyamatosan alkalmazkodnunk kell a piaci igényekhez. A költségek csökkentése mellett ezt folyamatos fejlesztésekkel érhetjük el. 2013 az újítások, a kutatási és fejlesztési projektek éve volt, de az új évezred korábbi évei sem múltak el újítások nélkül.

2002: A cég bevezette a ProEngineer 2001 CAD-CAM-rendszert, amely lehetővé tette az elektronikus rajzok és a háromdimenziós modellek fogadását és feldolgozását, lényegesen gyorsítva ezzel az öntvénykonstrukciók kialakítását, a vasszajtoló szerszámok tervezését és a CNC-megmunkálás műszaki előkészítését.

2008: A piaci igényeket szem előtt tartva, CNC-megmunkáló üzemelt hoztunk létre, így beépítésre nagyobb mértékben kész alkatrészeket szállítunk a feldolgozóipar különböző ágazatainak.

2011: Újabb beruházásra került sor. A megnövekedett igények megkívánták és egyben lehetővé tették a vállalatnak új, nagyobb, 2300 m²-es vasszajtoló üzem létesítését. A Magyarmet Bt. ezzel ünnepelte fennállásának 30. évfordulóját.

2012: A gyár folytatta a fejlesztéseket, öntési szimulációs szoftvert vásárolt, amely lehetővé tette az innovatív ötletek vizsgálatát, elemzését még a gyakorlati megvalósításuk előtt.

2013: A költségcsökkentés és a minőségjavítás érdekében, a beszállí-

tóinkkal együttműködve, fejlesztettük az általunk felhasznált vasszajtolókat. Sikeres tesztelés után bevezettünk egy újfajta vízzeloldható vasszajtolót, amelynek jobb az alaktartása az eddig használtéhoz képest, ezért bonyolultabb minták préselésére is alkalmas. Kisebbségi zsugorodása is, így a minták kevésbé repedeznek. Továbbá egy új ragasztó vasszajtolót is alkalmazunk, amelynek a cseppenési tulajdonságai jobbak, így a bokrok összeállítása lett egyszerűbb és jobb minőségű, végül a javító vasszajtolókat is fejlesztettük, hogy a vasszajtolókat hatékonyabban javíthassuk. A folyamatosan megjelenő nagyobb méretű termékeink miatt két új Modtech vasszajtoló gépet is beszereztünk (1. ábra), az egyik 20 tonnás, míg a másik 50 tonnás záróerejű, mindkettő számítógép-vezérelt és programozható, ezeknek köszönhetően a nagyobb és bonyolultabb vasszajtolók is könnyen előállíthatóak.

Beépítettünk egy új, robotos mártósót, amely főleg az első réteg mártását végzi, így kiváltva az eddigi, kézi erővel történő héjképzést és növelve a héjképző kapacitást. A sorhoz tartozik egy ABB robot (2. ábra), egy 76 függesztős rádióvezérelt konvejpálya, és jelenleg két esőztető- és két mártókád. Ennek a fejlesztésnek köszönhetően cégünknek egy héjkesztő alkalmazottól sem kellett megválnia, hanem az eddigi kézi mártást végző munkatársainkat robotkezelésre képeztük ki, így tapasztalatuk nem veszett kárba. Hosszú kísérleteket és beállítási optimalizálásokat követően bevezettünk egy újfajta primer mázat is, amelynek költségei kisebbek az eddiginél és az olvadékkal szembeni

reakcióképessége is megfelelőbb, így egyszerre tudtuk a minőséget fejleszteni és a költségeket csökkenteni.

Egy korábbi számban (BKL Kohász, 2013/2.) leírt argondiffúzor bevezetése mellett az öntődében is sor került különböző fejlesztésekre.

Jelenleg darus üstök segítségével történik az öntés, de a piac minőségi elvárásainak növekedése miatt be kellett vezetnünk egy újfajta eljárást, a direkt öntést (3. ábra), ahol pontosabban be lehet állítani a hőmérsékletet, és fele akkora az oxidációs zóna, mivel csak egyszer kell csapolni, a kemencéből közvetlenül a beágyazott héjbokorba. Az előbb említettek mellett, az olvadékokat az öntés pillanatáig argongázos védelemmel lehet ellátni, és a közbelső üst költségét is meg lehet takarítani. Az eljáráshoz speciális öntőkocsit terveztünk és gyártottunk, s kezelésükre betanítottuk az olvasztárokat és a héjszállító szakembereket. Jelenleg ez még csak két kemencénél üzemel, de hamarosan a másik két kemencénél is bevezetjük. A folyamat megtervezésénél legnagyobb figyelmet az üzembiztonságra fordítottunk, hogy az olvadék elfolyása, kifröccsenése se a személyzetben, se a gépekben kárt ne tehessen. A direkt öntés lehetőséget ad az eddig alkalmazott daruval mozgott üstök kapacitásánál nagyobb



■ 1. ábra. A két Modtech sajtó



■ 2. ábra. Az új ABB robot



■ 3. ábra. Direkt öntés

méretű bokrok leöntésére is. Az öntődében jelenleg is folyamatos fejlesztések futnak külső beszállítók segítségével a kemencék és az üstök döngölő-anyagának javítására, hogy javítsuk a döngöllet élettartamát, csökkentsük annak az olvadékkal szembeni reakcióképességét, a selejtet és a költségeket, így jobb minőségű öntvényeket gyártunk. Az előbb említett célok érdekében bevezetés alatt áll az általunk döngölt szifonos üstök alkalmazása is minden adaghoz, kiváltva ezzel a vásárolt, magas költségű, csak speciális esetekben használt kerámiabetétes szifonos üstöt. Terveink szerint ez drasztikusan csökkentheti a salakosodást. A piaci igények változása miatt folyamatosan fejlesztjük, alakítjuk anyagminőségeink listáját is. Egyre újabb, speciális ötvözetekből készítettünk öntvényeket, például duplex és szuperduplex anyagokból, különböző Co- és Ni-bázisú fémekből, mikroötvözött és hőálló acélokból.

Az elmúlt években megszorodtak az olyan termékeink, amelyekben az üregek kialakítását nem tudtuk volna sima héjképzéssel megoldani, így előre gyártott, tömör, alumínium-oxidos kerámiamagokat kezdtünk el használni. Ez magával hozta a tisztítás fejlesztését is, mivel az így bennmaradt kerámiamagot egyszerű homokfújásos eljárással nem tudtuk megfelelően eltávolítani. Ezért cégünk vásárolt egy lúgozó berendezést (4. ábra). A lúgozó 20%-os nátrium-dioxidral működik 150-170 °C-on, 5-6

bar nyomáson, ciklikus nyomásváltozással. Így vegyi úton eltávolítható a kerámiamagok maradéka is.

A minőség javítása érdekében az anyagvizsgáló laboratóriumunk is megújult, és nem csak külsőleg, hanem tartalmilag is. A laboratórium bővült egy új Instron szakítógéppel is, amely 400 kN-os szakítóerővel bír, meleg-szakítóvizsgálatok elvégzésére is alkalmas 1100 °C-ig. A megmunkáló üzem laboratóriumában egy új Zeiss-Duramax 3D-s koordináta-mérőgép állt üzembe, amely automata mérésekre alkalmas, 2,4 µm + L/300 pontosságig, hogy garantálhassuk vevőink számára a legkiválóbb minőséget.

A vevői igények megkívánták, hogy az öntvényeink kilépjenek az eddigi mérettartományból és húsz kg feletti termékek gyártása is lehetővé váljon. Ezt a célt szolgálja a fent említett új robot, a direkt öntés, és a nagyobb héjak és öntvények mozgatására alkalmas speciális targoncák és emelőszervezetek beiktatása is a gyártási folyamatba.

Cégünk felkészült a 21. század kihívásaira. Folyamatos fejlesztéssel, a vevőinkkel való szoros kapcsolattartással, fiatal és tapasztalt mérnökeinkkel és hozzáértő szakembereinkkel továbbra is beszállítói kívánunk lenni a repülőgép- és élelmiszeriparnak, az egészségügyi eszközgyártásnak és a különböző energetikai ágazatoknak is.

Deffend Enikő – Halász Péter



■ 4. ábra. A lúgozó



■ 5. ábra. Instron szakítógép befogói és nyúlásmérője

Gratulálunk!



2014 januárjában a Nemzetgazdasági Minisztérium három díjat osztott ki sikeres vállalkozásoknak. „A hónap beruházója” díjat a dél-koreai Hankook Tire magyarországi gyára, **„A hónap kis- és középvállalkozása” díjat a Magyarmet Finomöntöde Bt. nyerte el.** „A hónap induló vállalkozása” címet pedig a gyógyászati eszközöket fejlesztő Now Technologies cég kapta. A kitüntetések február 10-én Varga Mihály miniszter adta át. A Magyarmet Bt. kitüntetését Győri Imre igazgató vette át. Az elismeréshez olvasóink nevében is gratulálunk és további sikereket kívánunk.

Szerkesztőség

Elnökségi ülés és szakmai nap

A Magyar Öntészeti Szövetség elnöksége 2013. december 6-án tartotta évzáró ülését *dr. Sohajda József* elnök vezetésével.

Az 1. napirendi pont keretében *dr. Hatala Pál* ügyvezető igazgató tájékoztatót adott a 22. magyar öntőnapokról. Tájékoztatta az elnökség tagjait a rendezvény részleteiről (ld. előző lapszámunkban), majd ismertette a pénzügyi zárás eredményeit is. A számlákat minden résztvevő ki-egyenlítette. A konferencia árbevétel-arányos nyeresége – a megfelelő számú kiállítónak és szponzornak köszönhetően – mintegy 13% lett, melynek felét a rendezvény társszervezője, az OMBKE kapta. Az elnökség a rendezvényt magas színvonalúnak és sikeresnek minősítette, a jelentést egyhangúlag elfogadta, s a fő támogatónak, a Magyarmet Bt. tulajdonosának, valamint a fő szervezőknek ismételt köszönetet mondott.

A 2. napirendi pontban – az elnök előterjesztésére – rögzítették a 2014. évi MÖSZ elnökségi ülések és a közgyűlés időpontjait, helyeit:

- Április 23. Bp., Csepel Metall Kft.: Közgyűlést előkészítő, mérlegelfogadó elnökségi ülés
- Május 28. Ráckeve: MÖSZ tisztújító közgyűlés
- Szeptember 17. Elnökségi ülés
- December 12–13. Évzáró elnökségi ülés és szakmai nap.

A 3. napirendi pont témája a MÖSZ elnökségének 2014-ben esedékes tisztújítása volt. Az elnök a jelölőbizottság vezetőjének *Szombatfalvy Rudolfot* (Alba Metall 1991. Kft.), tagjainak *Katkó Károlyt* (K + K Vas Kft.), ill. *Demeter Lajost* (nyugdíjas) javasolta. A javaslatot az elnökség egyhangúlag elfogadta.

A 4. napirendi pontban összegző, előkészítő vitaindító helyzetértékelés hangzott el a hazai öntészet helyzetéről, a következő évek várható helyzetének alakulásáról. A szövetség elnöke javaslatára másnap, a szakmai nap délelőttjén tért vissza az elnökség erre a napirendre.

Az 5. napirendi pontban az egyéb ügyekről esett szó.

Rövid tájékoztató hangzott el a CAEF ügyvezetői bizottsága koppenhágai, 2013. 11. 29-i üléséről az ügyvezető igazgató előterjesztésében, aki külön kiemelte az alábbiakat:

- Európa öntészeti teljesítménye a 2012. év bázisán várhatóan mintegy 5-6%-os növekedést mutat, de még elmarad a 2007. évi teljesítményszinttől (az évről átfogó, számszerűsített jelentés 2014 nyarán várható);
- 2016-os munkakezdéssel várhatóan 2018-tól lesz érvényes az öntödei BAT (legjobb lehetséges technológiák) felülvizsgált rendszere;
- A kiemelt témakörök között a hazai öntészetnek is foglalkoznia kell az SiO₂-kitettség mellett munkát végző munkatársak védelmével.

A tájékoztatást az elnökség tudomásul vette.

Ezután *dr. Sohajda* elnök úr tájékoztatta az elnökséget az alábbiakról.

- *Dr. Bakó Károly* magánalapítványt tett „Nándori Gyula Alapítvány” elnevezéssel, melynek alapító összege 100 000 Ft. Az alapítvány nyitott, bárki támogathatja azt.
- 2013. december 6-án, a VOSZ 25. éves fennállásának alkalmából a magyar miniszterelnök javaslatára Magyarország köztársasági elnöke *Pordán Zsigmondnak*, a tatabányai P-Metal Kft. tulajdonos ügyvezetőjének, aki a VOSZ EB tagja, a VOSZ Komárom-Esztergom Megyei Szervezetének elnöke, Magyar Érdemrend Lovagkeresztje kitüntetés adományozott.
- *Majoros Béla* (Csaba Metál Zrt. elnök-vezérigazgató) nyerte el az Ernst&Young Tanácsadó Kft. 2013. évi „Példakép” díját.

Az elnökség ezúton is gratulált az öntészeti vállalkozások kitüntetett vezetőinek.

2013. december 7-én délelőtt ön-

tészeti szakmai nappal folytatódott az elnökségi ülés. Az elnök röviden kitért a Hatala Pál által minden tagnak megküldött, a CAEF ügyvezető igazgatója által készített (97 oldalas) összegző tanulmány tartalmára. Az elnökség tagjai a tanulmányt alapos, kiváló anyagnak minősítették. A világ és az európai öntészet ez évi és jövő évi adatai és tendenciái alapján rövid, de tartalmas szakmai megbeszélés alakult ki.

Az elnökség a szakmai nap részeként látogatást tett a RÁBA Járműgyártó Rt. pusztavámi, autóalkatrészeket, személy- és tehergépkocsi ülésvázakat, komplett üléseket előállító gyárában.

Az elnökségi tagok a szakmai nap második részében cégük 2013. évi helyzetéről és a 2014. év kilátásairól tartottak rövid tájékoztatást. Beszámolóik alapján egyértelműen fogalmazódott meg az a helyzetértékelés, hogy a hazai öntödék első féléves, enyhén növekvő teljesítményén a 3. és 4. negyedévben érezhető, kismértékű rendelésállomány-csökkenés várhatóan érdemben nem ront az éves szerény, de pozitív eredményen.

A vasalapú öntvények termelésénél 2012-höz képest várhatóan stagnálás következik be, növekedés csak az integrált és célirányos gyártáson lehet, ott is csupán néhány százalék várható.

A fémöntvénytermelés területén 6-7% növekedés várható 2013-ban, szinte valamennyi nyomásos öntöde az év során teljes kapacitással dolgozott.

A hazai öntészet nagymértékű (80%-nál nagyobb) exportirányultsága 2013-ban sem változott, vélhetően 2014-ben és az azt követő években sem változik. Az alapvetően exportot bonyolító öntödék helyzete a lassan, de folyamatosan gyengülő forint ismeretében arányosan javulhat, amennyiben a vásárlásaikat nem importból teljesítik. A beszámolókhöz adatokat szolgáltató háttérpári (alap- és segédanyag, eszkozellátó) cégek képviselői elmondták, hogy a stagná-

lás/szerény növekedés ellenére árbevételük elfogadható mértékben növekedett, viszont érezhetően csökkent a korábban természetes műszaki segítségadási tevékenységükkel kapcsolatos vevői igény.

A politika által irányított duális képzési rendszer kialakításának igen

eredményes és sikeres megvalósítását jelenti a NEMAK Kft.-ben létrehozott gyakorlati oktatási-képzési központ, ahol már jelenleg is 28 fiatal szakmunkás tanuló célirányos képzése folyik. Általános vélemény, hogy a bérelt munkaerő igénybevételének korábban megszokott lehetősége je-

lentősen romlott, ma már egyre kevesebb megfelelő adottságú szabad munkaerő vonható be a termelésbe. Vegyes megítélése volt annak is, hogy a jövőben egyértelműen a járműipari beszállítók lesznek a gazdaság növekedésének nyertesei az öntőipari szektorban.

HP

■ ÖNTÉSZETI SZAKOSZTÁLYI HÍR

Emlékezés a 150 éve létesült Oetl-öntödére

Az Öntészeti Szakosztály öntészet-történeti és múzeumi szakcsoportja 2012. november 27-én emlékezett meg az Öntödei Múzeumban a 150 éve létesült Oetl-öntödéről. A megemlékezésen *Buzánszky Albin* kohómérnök, nyugalmazott gyárigazgató tartott előadást az öntödéről.

Az öntöde egy kis lakatos műhelyből nőtt ki magát, melyet *Oetl Antal* lakatosmester alapított testvéreivel, Jánossal 1862-ben Budapesten, a VI. kerületi Árok (ma Csengery) utcában. A lakatosműhely 1851-ben már létezett, és az 1860-as évektől kezdve pénzszekrényeket gyártott. Ez a korszak a nagy öntödék alapításának az ideje, hiszen ekkor alakul a Schlick (1843), a Ganz (1845) és e kettőnek a kiváló kiegészítője az Oetl-öntöde is. E három öntöde meglepően szép öntvényeket gyártott, melyeket még napjainkban is megcsodálhatunk. Az Oetl-öntöde két kupolókemencés olvasztóművel indult, elsősorban konzolokat, díszöntvényeket, csatornarácsokat, vízmű- és csatornahálózati öntvényeket gyártott.

Az 1860-as évek végén a gyorsan fejlődő gyár már majdnem 100 emberrel dolgozott, s jó nevű cég lett. Tőkehiány miatt azonban 1868-ban egy konzorciumnak eladták az öntödét. Az új cég egy malomipari és kereskedelmi cég volt, a gyár új neve Oetl-féle Kasszagyar Vas- és Fémöntöde lett. Az öntöde műszaki vezetője a régebbi tulajdonos, Oetl Antal maradt, míg testvére, *Oetl János* kereskedelmi igazgató lett. A vasöntöde termelése ebben az időszakban 1600–1700 t volt évente.

1872-ben a főváros az eddigi

Terézváros közepén lévő gyártelepet megszüntette, és törölték a névjegyzékből. A tulajdonosok a kártérítésből új gyártelepet vásároltak, egy 4173 m²-es telken, mely a mai Bethlen tér 4. szám alatt, a Keleti pályaudvar közelében volt. 1873-ban üzemkész lett a gyár, mely lakatos- és asztalos-műhellyel, kazánházzal és gépházzal, két kupolós öntödével és egy öntvénytisztító műhellyel is rendelkezett. A gyárat 1876-ban, Oetl Antal-féle Vasöntöde és Gépgyár néven vették cégjegyzékbe, és megkapták a végleges működési engedélyt.

A 200 fős öntöde továbbra is főleg építkezési és gépgyártási öntvényeket gyártott, évente 1500 tonnát. Ezt az időszakot az Oetl-öntöde virágkorának is nevezhetjük. Termékeinek választékaról szemléletes képet adnak az 1885 után kiadott jegyzékek és mintakönyvek. E kiadványok alapján elmondható, hogy az Oetl-öntvények értékes emlékei a 19. századi magyarországi művészi ipari formatervezésnek. A korlátok, a vasszerkezetű lépcsőházak, kerítések, pavilonok, gázlámpa- és oszlopok, vagy az utcabútorok mind a nagyvárosok 19. század végi, jellegzetes utcaképének lettek meghatározó elemei.

Az Oetl-gyár első elismerését 1865-ben kapta az Országos Magyar Gazdasági Egyesülettől, majd 1870-ben az Országos Magyar Ipartestület ezüstérmét kapta meg. Az 1873-as bécsi világkiállításon Oetl Antalt koronás arany érdemkeresztrel tüntették ki, míg az 1878-as párizsi világkiállításon ezüst- és bronzérmét is nyert az általa bemutatott tárgyakkal.

1886-ban túltermelési válság rázta meg a hazai ipart, ekkor Oetl Antal a

gyártelepét bérbe adta, és a gyárat Oetl Antal utódai Habel és Dümmerling Vasöntöde és Gépgyár néven jegyezték be a telephelyre, míg előző nevét törölték a cégek jegyzékéből.

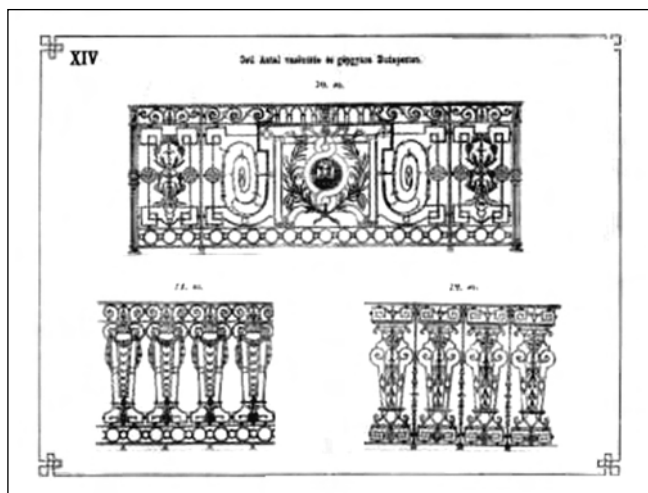
1907-ben ismét az Oetl család birtokába került a cég, és Oetl Antal Vasöntöde és Gépgyár néven szerepel a cégek jegyzékében.

1910-ben meghalt Oetl Antal. A gyárat fiai, Béla és Aladár örökölték. 1917-ben Béla kilépett a cégtől, és így *Oetl Aladár* maradt egyedül a cég tulajdonosa.

Az 1900-as évek elején a gyár telephelye már nem illett a főváros nagyvárosias környezetébe, így 1909-ben eladták, és új telephelyet vásároltak az akkori X. (ma VIII.) kerületi Asztalos Sándor utcában. Ez a terület az előzőek kétszerese volt. Az építkezés gyors ütemben folyt. Az öntöde épülete 1050 m² volt, mely közel 40%-kal volt nagyobb a Bethlen térinél, és a kiszolgáló építmények további 480 m²-t tettek ki. Itt külön épült lakatosműhely, gépház és kazánház is. 1911-ben a termelőmunka már folyamatossá vált, a dolgozók létszáma 300 fő fölé volt, és évente átlagban 2400 t vasöntvényt termeltek.

Az első világháború időszakában a gyár haditermelésre állt át, a termelés 1917-ben 1800 t volt, míg 1918-ban már csökkent, kb. 1500 tonnára.

A háború végével ez a családi vállalkozás véget ért, 1920. július 1-jétől megváltozott a cég neve Oetl Antal Vasöntöde és Gépgyár Rt.-re. A vállalatot továbbra is Oetl Aladár vezette, és alapszabályzatában a vas- és fémgyártást, de kiemelten vas- és



■ Az 1885 körül nyomtatott képgyűjteményben szerepel az Üllői út 18. szám alatti erkély rajza

fémöntvények gyártását jelölte meg a részvénytársaság. Termékei csatornázási öntvények, öntöttvas csőfelelések, lámpaoszlopok voltak.

1925 körül termékváltás történt, a kályhagyártás jelentősen megnövekedett. Az egyszerűbb szerkezetű öntöttvas kályhák mellett megjelentek a magasabb komfortszintű konyhai takaréktűzhelyek, a kerek Adria, és a négyszögletes Itália nevű kályha, valamint az amerikai rendszerű Unio kályhák és kandallók is.

Az 1938-as győri fegyverkezési program új fordulatot hozott a gyár életében. A gyár termelése növekedett, 1939-ben több ezer darab 50 kg-os repülőbomba gyártására kapott ajánlatot, de gyártottak 2 kg-os és 250 kg-os bombatesteket is. A háborús megrendeléseknek köszönhetően az öntöde bővítésre szorult, mivel 1941-1942-ben a termelés elérte a 8700 t/évet. Az új öntöde 1230 m²-es területére négy kupolót terveztek, melyhez formázó- és magkészítő műhely és homokfeldolgozó is csatlakozott. 1944-ben a foglalkoztatottak száma 655 munkás volt. A gyárban acél- és temperöntvényeket gyártottak, és a gyárat mint Magyarország legnagyobb temperöntödéjét tartották számon. Ugyanakkor nagy számban gyártottak itt féksarukat, vasúti alkatrészeket, és egyéb hadászati öntvényeket is. 1944 áprilisában bombatámadás érte a gyárat, és termelése 50%-kal csökkent.

A gyárban 1945. május végéig tovább folyt a hadiüzemi termelés,

öntvények, de létezett itt tartályüzem és vagon osztály is, és teherkocsik javításával is foglalkoztak. 1948. március 25-én államosították a gyárat, és megszűnt családi tulajdonú öntöde lenni, neve Vasöntöde és Gépgyár N.(emzeti) V.(állalat). Ezzel párhuzamosan a gyár szelleme is megváltozott, a döntés egy része a vállalatnál volt, de a nagyobb kérdésekben a felsőbb vezetés döntött. Megmaradt a terület, a termelőberendezések, a szakemberek és a termelési kultúra, de számos termékváltozás mutatkozott. 1953 júliusában a gyár hivatalosan felvette a Gábor Áron Vasöntő és Gépgyár nevet. A gyár termelése folyamatosan növekedett, 1950-ben 6862 t/év volt, és 1953 júniusát követően a gyár közszükségleti cikkek gyártására állt át.

Az 1960-as évek elején Élelmiszeripari Berendezés és Gépgyártó Vállalat néven összevonták a győri és a pécsi gépgyárral. Az új profilra való átállás igen nehezen ment, többnyire egyedi vagy kis sorozatszámú termékeket készítettek. 1973-ban az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. egyesült a három vállalattal. Ennek köszönhetően fejlesztések indultak a gyárban, új magkészítő műhely létesült, és gépesítették az adagolórendszert, de a beruházások ellenére a termelés folyamatosan csökkent. A gépgyár neve ekkor Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. Gábor Áron Öntöde és Gépgyár volt.

Az 1980-as években szakmunkáshiány lépett fel, és a vezetők a mun-

maid az ország újjáépítéséhez szükséges öntvényeket gyártottak, s a Szovjetunióba szállított jóvátételi termelés folyt az üzemben.

1947-ben a hároméves tervgazdaság keretében a két öntöde modernizálása is felmerült. A termelés ekkor már igen vegyes, szürkevas öntvény, temperöntvény, alumínium

kásoknak nem tudtak megfelelő béreket fizetni. 1981-ben Gábor Áron Öntöde és Gépgyár lett a cég neve, de 1985-ben felszámolták az 1941-1942-ben épült öntödét, majd a vállalat csődhelyzetbe került, és 1987-ben véglegesen felszámolták az akkor éppen 125 éves öntödét.

Az előadás végén következtek a hozzászólások.

Karancz Ernő, az öntésztörténeti és múzeumi szakcsoport elnöke szerint a visszaesés annak volt köszönhető, hogy későn fejlesztették a munkáló részt.

Lengyelne Kiss Katalin nyug. múzeumigazgató felsorolta, hogy az Öntödei Múzeumban is számos Oetl-émlék és dokumentum található, többek között egy 1885 körüli mintalapgyűjtemény, a ma Székesfehérváron álló 1885-ös országos kiállításra készített díszpavilon eredeti öntvényei, Unio márkanevű folytonegő kályhák, gázlámpakar, ill. több építészeti és kommunális öntvény.

Káplán György nyug. gyűjteménykezelő az 1896-os millenniumi kiállításra készített, még ma is meglévő, Asztalos Sándor utcai kapura hívta fel a múzeum dolgozóinak figyelmét, amelyet műemléki védetség alá kellene helyezni.

A megemlékezést *Csibi Kinga*, az MMKM Öntödei Gyűjteményének főmuzeológusa egészítette ki család-



■ Részlet a régi Újvárosháza lépcsőházból (Hajdú József felvétele)

történeti adalékokkal. Bemutatta az Oetl család Kerepesi temetőben lévő sírhelyének fotóját és az Oetl család családfáját. A családról is érdekes, eddig nem ismert adatokkal szolgált. *Dr. Oetl Pálffy Dénes* – a gyár utolsó tulajdonosa – 1901-ben született Budapesten. Középiskoláit Budapesten végezte, majd a Pázmány Péter Tudományegyetemen szerzett jogászdoktori oklevelet. Ezt követően Berlinben, Londonban és Párizsban szerzett gazdasági ismereteket, majd hazatérve átvette a családi gyár vezetését. Tagja volt a Gyáriparosok Országos Szövetségének, és igazgatói tagja a Vasművek és Gépgyárak Országos Szövetségének. 1935-től Magyar Országgyűlési képviselő a Nemzeti Egység Pártja képviselőtél-

ben. Az utolsó információk szerint 1945 után a Petőfi Sándor tér 3. szám alatti lakásából kitelepítették Békés megyébe.

Felsorolta a legismertebb, ma is megtekinthető öntöttvas és vasszerkezeti emlékeket, melyek az Oetl-féle öntödében készültek. Ezek: a székesfehérvári Zichy liget pavilonja, az Üllői út 18. alatti nyomdaépület erkélye, a Pesti Barnabás utcai vasudvar, a Keleti pályaudvar peronoszlopai, a régi Újvárosháza (Váci utca 62–64.) vasszerkezetű lépcsőháza, a budavári kastély díszkertjének növényháza, a gödöllői kastély díszkertjének növényháza, a Fűvészkert pálma- és növényháza, az Operaház páholyoszlopai és a proscénium, a lánchíd, a Széchenyi fürdő előtti, illetve a

városligeti Millenniumi híd kandeláberei, a Parlament Duna-parti korlátai.

Irodalom

- [1] *Bencze G.*: Az Oetl-féle vasöntöde története. Öntödei Múzeumi Füzetek 9. kötet, Bp., 2002, OMM Öntödei Múzeuma
- [2] *Jenei K. – Sárközi Z. – Szilágyi G.*: A Gábor Áron Vasöntöde és Gépgyár története (1862–1962) Bp., 1962.
- [3] *Lengyelné Kiss K.*: Budapest, építészeti részletek, Öntöttvas (szerk.: Lőrincz Zs.) Bp., 2000, 6Bt. kiadó

 **Csibi Kinga**

SZÍNES HÍR

A Vasárnapi Újság 1883. évi 52. számának (december 31.) 851. oldaláról – Liptay Péter segítségével – betűhíven idézzük ezt az érdekes történetet.

„Régi ágyuk újabb története. A krasznahorkai várnak nevezetes régi-ségei a Bebek-ágyuk. Jókai legközelebbi felvidéki utazásakor megnézte azokat is, s következőket írja róluk:

Nagy ritkaság Magyarországon régi időkből való ágyukat látni. Azokat a 48-ki szabadságharcz alatt vagy a honvédelmi minisztérium requirálta el, vagy a császáriak kobozták el a fegyverletétel után. A Bebek-féle régi bronzágyuk most is megvannak *Andrássy Manó* gróf birtokában. Hogy ezek a rendkívül érdekes régi-ségek miként menekülhettek meg a kétoldalú beolvasztási veszedelem-től, annak sajtószertű története van.

Mikor 1848-ban a magyar honvédelmi miniszter felszólította a főurakat, a kiknek a birtokában régi ágyuk találhatók, hogy azokat bocsássák a honvédsereg használatára, Gömör vármegye is sietett felszólítani az ifjú

grófot, hogy szolgáltatassa ki a krasznahorkai ágyukat. A gróf erre azt válaszolta, hogy azoknak a nehéz lövegeknek a nyílt mezőn való csatában semmi hasznát sem lehet venni. Ő a történelmi ereklyék helyett, a mik csak újra öntve volnának kezelhetők, inkább ugyanannyi mostani szerkezetű ágyút öntet a magyar hadsereg számára, s azt teljes felszereléssel bocsátja a magyar kormány rendelkezésére. A miniszter meg is volt ezzel elégedve, de nem úgy a vármegye.

A közgyűlés protokollárter roszszalta az ősi ágyuk megtagadását s tudomást sem vett a felől, hogy helyettük új ágyuk lettek felajánlva. Azok aztán végig dörögtek az egész hadjáratot, a miben az ajándékozó főúr maga is részt vett, egész Világosig.

Jöttek aztán a németek. Azok nem kérdezték, adja-e, nem adja valaki az ágyúit? a hol kapták, onnan elvitték, fel Bécsbe, beolvasztani. *Andrássy Manó* nem akarta engedni az ereklyéi megsemmisítését: utánuk ment. Ott volt Bécsben a nagybátyja, György

gróf, híres, kedves ember, nagy konzervatív vezér a császári udvarnál. Ahhoz folyamodott közbenjárásért az ágyúi végett. Igen jó ajánlata volt a gömörmegyei határozatban, a hol megrójják az ágyúi át nem adásáért.

– Szó sincs róla! Riasztá vissza ő exczellenciája az unokaöcscsét. Hová gondolsz? Nekem magamnak is elkobozták a tartogatott ágyúimat; vadászpuskákra sem adnak engedélyt. Hát még te neked, rebellisnek, kerekas ágyukra! Eredj haza. Manó gróf azonban nem nyugodott meg. Az akkor mindent tehető *** herczeg fényes bált adott a farsang kezdetén, arra ő is szerzett magának meghívást. Csinos fiú volt és nőtelen. A bál alatt a herczeg leányával tánczolta a kotillont. És harmadnapra visszakapta az ágyúit.

– Ez már szörnyűség! zúgolódók György gróf, mikor ezt megtudta. Nekem, az archipecovics vezérnek beolvasztják az ágyúimat, s ennek a rebellisek főispánjának visszaadják az övéit!

– Tánczolt volna bátyám uram is a miniszter bálján!”

KÁROLY ZOLTÁN – BALÁZSI CSABA – BALÁZSI KATALIN – GERGELY GRÉTA –
PETRIK ATTILA – LÁBÁR JÁNOS

Alumínium mátrixú kompozitok előállítása szikrakisüléses szinterelési technikával

A fémmátrixú kompozitok területén belül a legnagyobb érdeklődés az alumínium mátrixú kompozitok iránt mutatkozik. E kompozitok legfőbb jellemzői ugyanis a kis sűrűség, a megnövekedett szilárdság/tömeg arány, növelt keménység, kedvezőbb tribológiai tulajdonságok, korrózióállóság stb. Jelen munkánkban az alumínium-mátrixba integrált különböző erősítőfázisok, így Al_2O_3 , SiC valamint grafén hatásait vizsgáltuk meg. A kompozitokat pormetallurgiai módszerrel készítettük el, ahol a porkeverék szinterelését gyors, szikrakisüléses szinterelési technikával (SPS) végeztük.

Bevezetés

Az alumíniumötvözetek szerkezeti elemként történő alkalmazása régóta vizsgált téma. Kedvező tulajdonságai (kis sűrűség, nagy hővezetőképesség, nagy fajlagos szilárdság, korrózióállóság, szívósság) különösen a repülőgép- és az autógyártásban aknázhatók ki az elérhető jelentős tömegcsökkenés miatt. Tribológiai célú alkalmazásuk fő akadálya a kis keménységük, ill. mérsékelt kopásállóságuk. Ezen problémákat eltérő módszerekkel próbálják megoldani: (i) a fém-mátrix szemcseméretének csökkentésével, (ii) vagy elterjedtebben kemény erősítőfázisok – így szemcsék, szálak, tűkristályok – Al-

mátrixba történő beépítésével. Megállapítható, hogy a kerámiaszemcsékkel és szálakkal erősített Al-mátrixú kompozitok sokkal jobb tulajdonságokat mutattak a monolit alumínium-ötvözetekkel szemben szilárdság, kopás, kúszásállóság és folyáshatár tekintetében. Erősítőfázisként leggyakrabban Al_2O_3 -ot, SiC-ot, Si_3N_4 -et, B_4C -ot, TiC-ot vagy grafit-szemcséket használnak [1]. A széles körben használt mikroméretű erősítőfázisok ugyanakkor jelentősen rontják a mátrix alakíthatóságát és megmunkálhatóságát. Megfigyelték azonban, hogy a jóval kisebb, nanoméretű kerámiaszemcsék alkalmazásával, az alakíthatóság megtartása mellett is növelhető a szilárdság [2], sőt

ugyanakkora térfogathányad mellett jelentősebb szilárdságnövekedés is elérhető, a mikroméretű erősítőfázisokhoz viszonyítva [3]. A nanofázisok alkalmazásának legfőbb nehézsége viszont azok homogén diszpergálása az Al-mátrixban.

A különféle erősítőfázisok hatásáról már számos tanulmány készült, ugyanakkor újabban már a több erősítőfázis egyszerre történő ún. hibrid alkalmazását is vizsgálni kezdték. Az eredmények a vizsgált tulajdonságok további javulásáról – szilárdságnövekedésről, rugalmassági modulus és a szakítószilárdság növekedéséről, valamint a hőtágulás csökkenéséről – számoltak be [4]. A hibrid erősítőfázisok egyik érdekes megoldása, amikor a kemény erősítőfázisok mellett grafit-szemcséket is diszpergálnak a mátrixba. A grafit-szemcsék ugyanis a fém-mátrixú kompozit előnyös tulajdonságainak megtartása mellett javítják az anyag megmunkálhatóságát. Ez a megoldás különösen előnyös a tribológiai alkalmazásoknál, mivel a grafit, mint szilárd kenőanyag növeli a berágódással szembeni ellenállást, miközben a kompozit jelentős szilárd-

Károly Zoltán szakmai életrajza a BKL Kohászat 145. évfolyam 2012/2. számában található.

Dr. Balázi Csaba (MSc-1993, PhD-2000) több mint 15 éves tapasztalattal rendelkezik anyagtudományi fejlesztések, ezen belül az új szerkezetű kerámia, polimer és fémalapú kompozit anyagok előállítása terén. Több hazai és nemzetközi kutatási projekt vezetője. Korábbi munkahelyén, az MTA Természettudományi Központ, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Kerámia és nanokompozitok osztályának vezetőjeként orvosbiológiai, gázérzékelési és magashőmérsékleti célokra fejlesztett ki különleges tulajdonságú anyagokat. A BAY-ATI igazgatójaként elsődleges feladata az intézet tematikai megújítása, hazai és nemzetközi elismertségének növelése.

Dr. Balázi Katalin (MSc-2002, PhD-2005) több mint 10 éves tapasztalattal rendelkezik anyagtudományi fejlesztések, ezen belül a fém-szén vékonyrétegek, biokerámia és a polimeralapú kompozit anyagok előállítása terén. Az MTA Természettudományi

Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet Vékonyréteg-fizika osztály osztályvezető-helyettese. Több hazai és nemzetközi kutatási projekt vezetője.

Dr. Gergely Gréta szakmai életrajza a BKL Kohászat 145. évfolyam 2012/3. számában található.

Petrik Attila 2009-ben szerzett villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Főiskolán. 2012-től a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának MSc-hallgatója. 2009-től az MTA TTK MFA munkatársa, ahol műszaki kerámiák és kompozitok előállításával és mechanikai vizsgálatával foglalkozik.

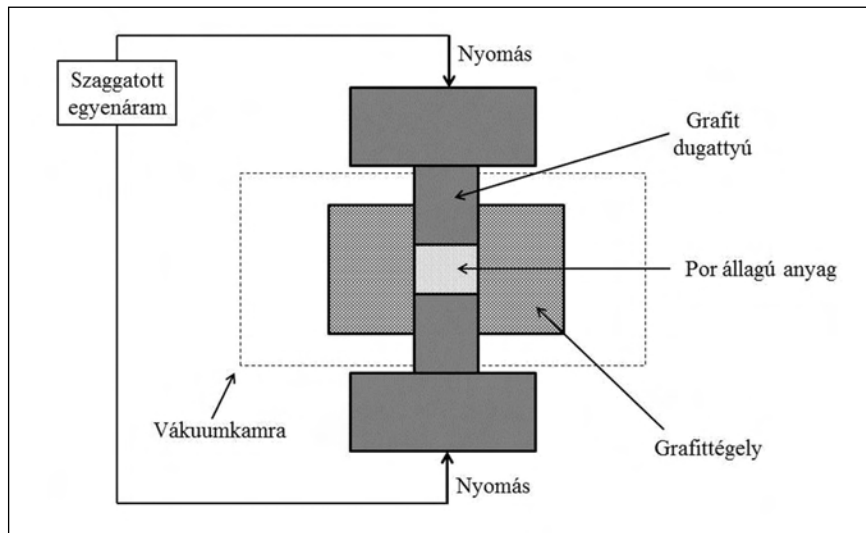
Lábar János az MTA TTK MFA Vékonyréteg-fizika Osztályán tudományos tanácsadó, és az ELTE Anyagfizikai Tanszékén docens. 2000-ben habilitált a Debreceni Egyetemen. Az MTA doktora fokozatot 2005-ben nyerte el. Szakmai tevékenysége a vékonyrétegek fizikájára, nanokompozitok előállítására és vizsgálatára, valamint nanoszerkezetek elektrondiffrakción alapuló jellemzésére irányul.

sággal rendelkezik az egyéb erősítő-fázis(ok) miatt [5–6].

Emellett nagyon ígéretesnek tűnik a grafit grafénal történő helyettesítése, amely a szénnek csak az utóbbi években – a fullerént és a nanocsöveket követően – felfedezett nanomódosulata. A grafén a szénatomok kétdimenziós, hexagonális kristálya, melyeknek egymásra rétegeléséből nyerhetjük a grafitot. A grafén számos kiváló tulajdonság – elektromos és hővezetés, optikai átlátszóság – mellett egyedülálló mechanikai tulajdonságokkal is rendelkezik. A hibátlan grafén, $E=0,5-1$ TPa Young-modulussal és $\sigma_{int}=130$ GPa szakítószilárdsággal [7] rendelkezik, ezáltal ez az eddig tapasztalt legerősebb anyag. Ezt igyekeznek újabban kihasználni a legkülönbébb mátrixú kompozitokban, amibe 0,5–3 t% grafént tesznek (bár ez több rétegű és nem hibátlan). A grafén előállítás azonban ma még rendkívül kis hatékonyságú és költséges, többnyire epitaxiális növesztések eredménye. Ugyanakkor a nem szigorúan vett egyrétegű, hanem több, vagy akár néhány tíz rétegben összekapcsolódott grafénsíkok (szakirodalomban „multilayer graphene nanosheets” vagy „graphen platelets”) előállítása már lényegesen egyszerűbb, por alakban hozzáférhető, és a kompozitokban történő felhasználáskor a szilárdsági tulajdonságokat eddigi tapasztalatok szerint még így is jelentősen javítja.

Jelen munkánkban a fenti megfontolásokat tekintetbe véve mi is hibrid alumíniumkompozitokat vizsgáltunk, amelyben a kerámia erősítőfázisok mellett saját előállítású többretegű grafén nanosíkokat alkalmaztunk. Összehasonlításképpen grafén hozzáadása nélkül is megvizsgáltuk a kizárólag kerámiaszemcsés adalékkal ellátott kompozitokat.

A fém-mátrixú kompozitok gyártá-



■ 1. ábra. Az SPS plazmaszinterelő vázlatos rajza

1. táblázat. A kiindulási anyagok főbb jellemzői

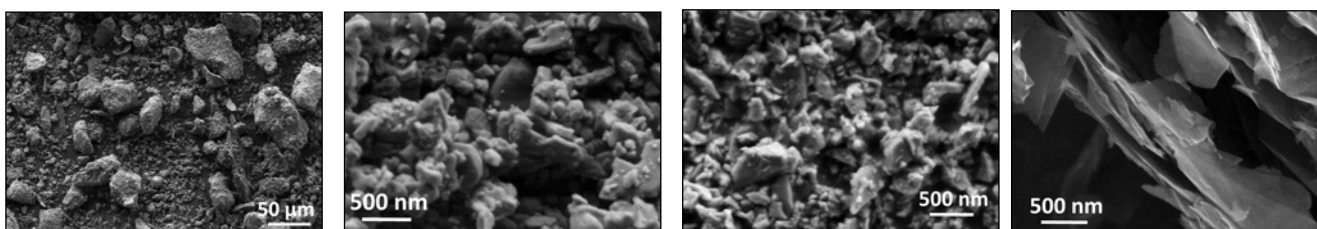
Anyag	Forrás	Szemcseméret, μm	Szennyezők
Alumínium		1–3	Fe+Si < 0,2%
Al_2O_3	ALMATIS, CT 3000LS SG	0,5	< 0,2%
SiC	H.C. Stark, Grade UF-25	0,4	O_2 – 1,8%
Si_3N_4	UBE America Inc., SN-ESP	0,5	O_2 – 2%, C – 0,2%

2. táblázat. Az egyes kísérletek szinterelt testeinek sűrűség és mikrokeménység értékei

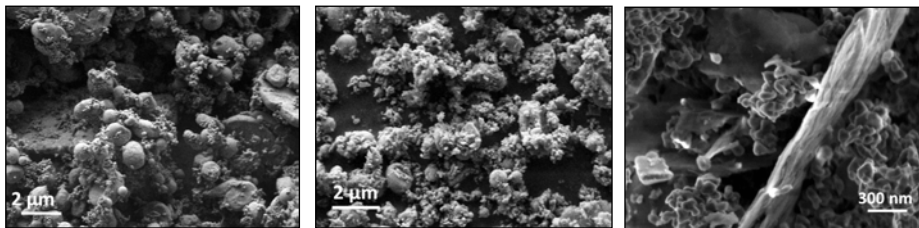
No.	Kísérleti keverék	Mért sűrűség ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	Relatív sűrűség (%)	HV keménység (GPa)
1	70 t% Al + 30 t% Al_2O_3	2,98	94	1,81
2	50 t% Al + 15 t% Al_2O_3 + 35 t% SiC	1,98	65	0,25
3	30 t% Al + 50 t% Al_2O_3 + 10 t% SiC + 5 t% Si_3N_4 + 5 t% grafén	2,10	63	0,43

sának két legelterjedtebb módszere a porkohászat és az öntés (prés- ill. keveréses öntés). Az alumínium-mátrixú kerámia-kompozitok előállítása-kor jelentős megoldandó probléma az erősítőfázisok homogén diszpergálása. A kerámia nanoszemcsék alumíniumolvadékban történő homogén diszpergálása ugyanakkor

méretükből adódóan roppant nehéz a fém nagy viszkozitása és a kerámia-szemcsék olvadt alumíniummal szembeni rossz nedvesíthetősége miatt. A mikroméretű poroknál leggyakrabban alkalmazott mechanikus keverés nanoporoknál nem alkalmazható a magas felület/térfogat arány miatt, ami gyors agglomerációt idéz



■ 2. ábra. A kiindulási porokról készített SEM-felvételek: a) Al; b) Al_2O_3 ; c) SiC; d) MLG



■ **3. ábra.** A kiindulási porkeverékekről készített SEM-felvételek: a) Al/Al₂O₃; b) Al/Al₂O₃/SiC; c) Al/Al₂O₃/SiC/Si₃N₄/MLG

mikrokeménység-mérést (HV) végeztünk 3 N terhelőerővel. A korongok töretfelületének mikro-szerkezetét SEM-felvételek (LEO 1540 XB FESEM) segítségével vizsgáltuk meg. A poroknak és a korongoknak a fázisanalizését Philips PW 1050 diffraktométerrel (XRD) vizsgáltuk meg.

elő. Ezekre a problémákra egy lehetséges megoldás a porkohászati eljárás során alkalmazott nagyenergiájú őrlés. Ekkor a nanoméretű kemény erősítő-szemcsék már az őrlés során beágyazódnak a mátrix szemcséjébe, így egyenletes összetételű és kvázi ekvixiális kompozitszemcsék alakulnak ki. További előnye, hogy a különböző fázisok között egészen szoros, légmentes érintkezés alakul ki, valamint az adalékok agglomerációja is elkerülhető [8].

A porkohászatban és a kerámia-gyártásban egyre jobban terjed a viszonylag újabban kifejlesztett plazmaszinterelés [9]. Ennek fő előnye a hagyományos szinterelési technikákhoz szemben az alacsonyabb hőmérsékleten történő gyors szinterelődés, mellyel elkerülhető a szemcsedurvulás, valamint a fázisok közötti nemkívánatos reakciók [10]. A technológia jellemzői a gyors felfűtés, a hatékony zsugorodás és a szemcsék felületén kialakuló szikráknak köszönhetően kapott tiszta felület.

Kísérletek

A felhasznált anyagok főbb jellemzőit (szemcseméret, tisztaság) az 1. táblázatban tüntettük fel. A többrétegű grafén (MLG) szintetikus grafít (Aldrich) nagyenergiájú attritor malomban (Union Process, ami a 750 ml szilícium-nitrid tartályba merülő cirkónium-dioxid tárcsákkal és őrlőgolyókkal volt felszerelve) történő őrlésével készült el etil-alkohol közegben. Az őrlés 4000 rpm fordulatszámon 10 órán át zajlott, majd a kiszáritott anyagot 100 μm-es szitán átszitáltuk. A kristallitok átlagos vastagságára LC = 13,7 nm becslés adódott, ami megközelítőleg 40 grafénréteget jelent [11].

A kísérleti tervünkben az alumíniumnak az egyes erősítőfázisokkal készített különböző arányú keverékeit készítettük el, majd szintereltük. A

jelen cikkben az alábbi három különböző kísérleti kompozit-összeállítást mutatjuk be:

1. 70 t% Al + 30 t% Al₂O₃
2. 50 t% Al + 15 t% Al₂O₃ + 35 t% SiC
3. 30 t% Al + 50 t% Al₂O₃ + 10 t% SiC + 5 t% Si₃N₄ + 5 t% grafén

A feltüntetett részarányban összeállított porokat etanolos közegben, attritor malomban 1 órán át 600 rpm fordulatszámon őrltük.

Az így kapott porkeverékekből szikrakisüléses szintereléssel 2 cm átmérőjű korongokat készítettünk. A szikrakisüléses szinterelés működési elvének lényege az 1. ábrán látható. A szinterelendő port egy hengeres grafit-szerszámba helyezük, amelybe alulról egy ugyancsak hengeres grafitdugattyút helyezünk. A por behelyezése után a szerszámot felülről egy másik grafitdugattyúval zárjuk le. A grafit-szerszámot a szinterelőkamrában két elektróda közé helyezük, majd a kamra nyomását vákuum segítségével 1 mbar-ra csökkentjük le. A hőkezelés során a grafitdugattyúk meghatározott nyomással – kísérletünkben 50 MPa-lal – préselik össze az apró szemcséket. A hőmérséklet növelését a grafitdugattyúkkal érintkező elektródákon átfolyó, szaggatott egyenáram biztosítja. A szaggatott egyenáram 12 on/2 off periódusban követi egymást 3 ms pulzusidővel. Az alkalmazott feszültség és csúcsáram 5 V ill. 750 A. A szinterelési program szerint a 600 °C szinterelési hőmérsékletet 100 °C/perc felfűtési sebességgel érjük el, ahol 10 perc hőn tartást végzünk. A hőmérsékletet a grafit-elektrodában elhelyezett termoelemmel mértük. Az anyag zsugorodását a szinterelés során folyamatos figyelemmel követhettük az elektródák elmozdulásából.

A korongok sűrűségének mérését Archimedes-módszerrel végeztük. A szinterelt korongok felületén Vickers

Eredmények

A 2–5. ábrákon láthatóak a kiindulási porokról (2. a–d) és porkeverékekről (3. a–c) készített SEM-felvételek, a szinterelés lefutási görbéi (4. a–c), valamint a szinterelést követően kapott korongok töretfelületéről készült SEM-felvételek (5. a–c). A szinterelési diagram zsugorodási sebesség-görbéjének 600 °C körül tapasztalható megugrása jelzi a szinterelődési folyamatok fokozott végbemenetelét. Legnagyobb mértékű zsugorodás az 1. kísérletnél adódott, ami figyelembe véve az 1. jelű keverék növelt alumíniumtartalmát nem meglepő. A szinterelés 10. percének végére az 1. kísérletnél további zsugorodás már nem tapasztalható, míg a másik két esetben az láthatóan még nem fejeződött be, így vélhetően maximális zsugorodás sem történt. A 2. táblázatban feltüntetett sűrűségértékek tükrözik a zsugorodási diagramból levonható következtetést. Az 1. kísérleti anyagnál a szinterelést követően az elméleti sűrűség 94%-át érték el, míg a másik kettőnél ennél csak jóval alacsonyabb értékeket, 65 és 63%-ot. A kisebb látszólagos sűrűség önmagában nem annyira meglepő, mivel tapasztalati tény, hogy a kerámia-szemcsék részarányának növekedésével a porozitás mértéke nő [3], emiatt a kapott sűrűségértékek egyre inkább elmaradnak az elméletitől. Ennek oka, hogy a kemény kerámia-szemcsék összenyomása egy képlékeny fázisban nehézkes. Nanoméretű erősítőfázisok esetén az eltérés még jelentősebb. Ez esetben még tovább rontja a helyzetet a nanoszemcsék agglomerálódása, ami hálózatképződéshez vezet. Érdekes, hogy a mikroméretű erősítőfázisok sűrűsége a jobb összenyomhatóság valamint a kisebb felület-térfogat arány miatt általában nagyobb. A grafit viszont, mint szilárd kenőanyag

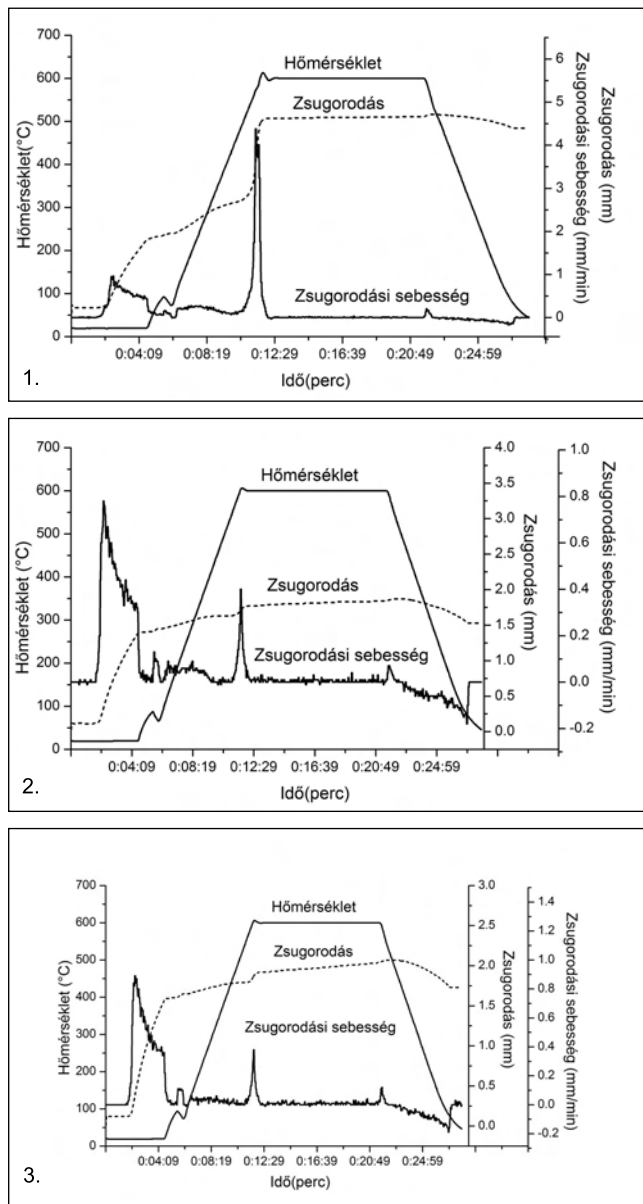
elősegítheti a mátrixanyag és az erősítőszemcsék mozgását, rendeződését és ennek megfelelően nagyobb sűrűséget eredményezhet [6]. A grafént tartalmazó, 3. beállításban a mért sűrűség ugyan nagyobb lett, de az elméleti sűrűsége vonatkoztatva a 2. kísérlettel közel azonos értéket kaptunk. Ez annak is köszönhető, hogy az erősítőfázisok tömegaránya a 3. mintánál már meghaladja az alumíniumét. A kísérleti keverékekben az alkalmazott kerámiaszemcsék aránya általában magas volt. Ennek oka az, hogy a szemcsék szilárdságnövelő hatása elvileg a mátrixban elfoglalt térfogatarányukkal fokozatosan növekszik. A szilárdságnövelő mechanizmusok között megemlíthető a diszlokációmozgást akadályozó hatásuk, a szemcsefinomodás által elért keménységnövekedés (Hall-Petch összefüggés), valamint a mátrix és a szemcsék hőtágulási együtthatójának különbözősége által okozott diszlokációsűrűség-növekedés, mivel a hűlés során az alumínium képlékeny alakváltozását gátolják az erősítőfázis szemcséi [3].

A mikrokeménység méréséből kapott értékek (2. táblázat) jelentősen eltérnek egymástól. Várározásaink szerint a kerámiaszemcsék részarányának növelésével a kompozit keménységeinek is növekednie kellene. Ezzel szemben a legnagyobb keménységet éppen az erősítőfázisokat legkisebb részarányban tartalmazó kompozitnál kaptuk. A többi mintánk jóval kisebb keménysége feltehetően a megnövekedett porozitásnak köszönhető. A 3. kísérlet 2.-hoz képest mutatott keménységnövekedése bizonyára a nagyobb részarányú kerámiaszemcséknek köszönhető, de a nagy porozitás miatt nem lett kiugró értékű. A megnövekedett porozitás a SiC-szemcsék adalékolásának is tulajdonítható, ugyanis a SiC rossz nedvesíthetősége miatt számolni kell pórusképződéssel a SiC/Al határfelületeken. Ez egyúttal gyenge Al-SiC kerámiafém határfelületi kötést is eredményez. További probléma lehet a SiC-dal erősített alumíniumkompozitoknál, hogy a SiC és az Al közötti reakció eredményeképp a szemcsehatár mentén Al_4C_3 - és Si-fázisok képződnek.

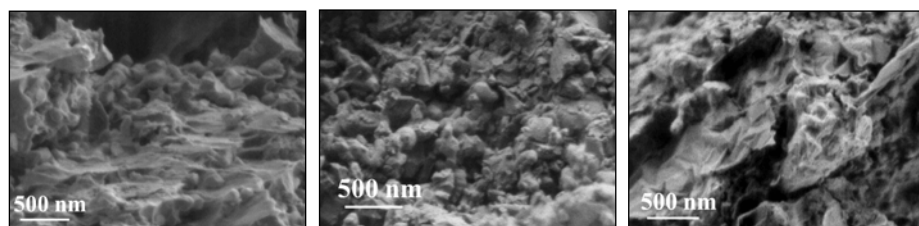
Ezen kívül az Al-szemcsék felületét vékony oxidhártya vonja be, ami megakadályozza a SiC és az Al közti kötés kialakulását. Mindkét esetben végső soron a mechanikai tulajdonságok romlásával kell számolni. A felsorolt határfelületi problémák elkerülésének lehetséges módjai, hogy a SiC kerámiaszemcséket az alumíniumolvadékot nedvesítő vékony filmréteg vonják be [12] vagy az alumíniumot ötvözik Si-mal és Mg-mal [2, 9], ami a SiC nedvesíthetőségét nagyban javítja. Az XRD-analízisek (6.a-b ábra) az Al_4C_3 jelenlétét nem mutatta ki, ami arra utal, hogy az SPS rövid szinterelési ideje alatt a reakció nem tudott lejárni.

A pásztázó elektronmikroszkópos felvételeken látható, hogy a kiindulási keverékeknél a por, alumínium és a kerámia szemcsék között jelentős méretkülönbség van, továbbá, hogy az erősítőfázis szemcséi agglomerálódtak és az intenzív őrleést követően sem oszlanak el homogé-

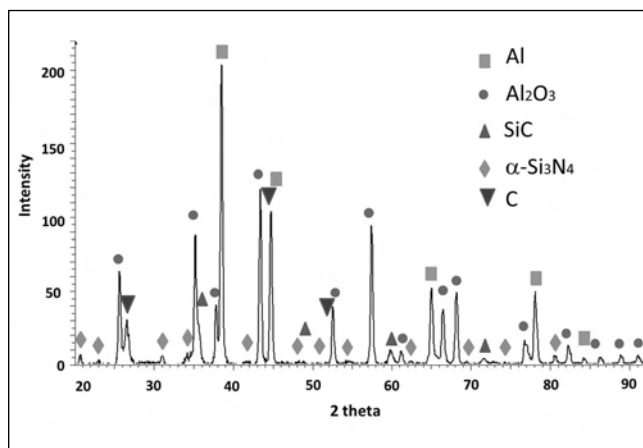
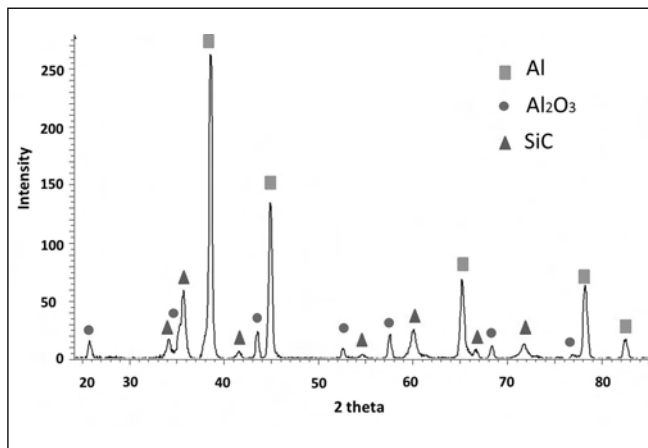
nen a porkeverékben. Ez előrevetíti, hogy az erősítőfázisok a viszonylag nagyobb méretű Al-szemcsék közti határfelületen azt behálózva helyezkednek inkább el, többé-kevésbé összefüggő réteget létrehozva. A kompozit töretfelületéről készített fel-



■ 4. ábra. A szinterelés hőmérsékletének, a zsugorodás mértékének, ill. sebességének alakulása a szinterelési idő függvényében a) az 1.összetétel; b) a 2. összetétel; c) a 3. összetétel esetében



■ 5. ábra. A szinterelt korongok töretéről készített SEM-felvételek a) az 1. összetétel; b) a 2. összetétel; c) a 3. összetétel esetében



■ 6. ábra. XRD-felvételek az a) 2. kísérletről és b) 3. kísérletről szinterelt korongokról

vételek a porozitásról ugyan nem sokat árulnak el, de látható, hogy a törés a szemcsehatárokon elhelyezkedő és a felületből kiemelkedő adalékszemsék mentén következett be, ami a nemfémes fázisok rossz nedvesítését erősíti meg.

Összegzés

Különbféle kerámiaszemcse és grafén erősítőfázisokkal adalékolt alumínium mátrixú kompozitokat készítettünk el porkohászati módon újszerű, plazma-szinterelés alkalmazásával. A kiindulási por jellemzője a nanoméretű erősítőfázisok, valamint ezek viszonylag nagyobb részarányai (30–70 t%). Az SPS szinterelésre jellemző viszonylag alacsonyabb hőmérsékletnek és rövid szinterelési időnek köszönhetően a mechanikai tulajdonságokat károsan befolyásoló, a fázishatárok mentén Al_4C_3 -at eredményező reakciókat sikerült elkerülni. Kellően tömör anyagot és növelt keménységet az erősítőfázisokat csak a legkisebb, 30 t%-ban tartalmazó kompozitnál tudtunk elérni. Az erősítőfázisok arányának növelésével a porozitás jelentős növekedése volt tapasztalható, ami a keménységet rontotta. Célszerű tehát az erősítőfázisok nagymértékű hozzáadását elkerülni vagy azokat előzetesen, az alumíniumot nedvesítő vékony bevonattal ellátni. További kutatásainkat ennek megfelelően módosítjuk.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak Tóth Attilának és Horváth Zsoltinak, az MTA TTK MFA munkatársainak a

SEM-felvételek ill. az XRD-analízisek készítéséért. A cikkben közölt kutatás a Magyar-Indiai kutatási TET-09-IN-DST (ALNANO09) keretprogram részeként valósult meg, ill. a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Hivatal REG-KM-09-1-2009-0005 számmal elnyert pályázatának jóvoltából.

Irodalomjegyzék

- [1] S. Mahdavi, F. Akhlaghi: Effect of the Graphite Content on the Tribological Behavior of Al/Gr and Al/30SiC/Gr Composites Processed by In Situ Powder Metallurgy (IPM) Method; Tribol Lett (2011) 44:1–12
- [2] A. Mazahery, M. O. Shabani: Mechanical properties of A356 matrix composites reinforced with nano-SiC particles, Strength of Materials, Vol. 44, No. 6, November, 2012
- [3] K. Dash, D. Chaira, B. C. Ray: Synthesis and characterization of aluminium–alumina micro- and nano-composites by spark plasma sintering; Materials Research Bulletin 48 (2013) 2535–2542
- [4] Bijay Kumar Show, Dipak Kumar Mondal, Koushik Biswas, Joydeep Maity: Development of a novel 6351 Al–(Al_4SiC_4 +SiC) hybrid composite with enhanced mechanical properties; Materials Science & Engineering A579 (2013) 136–149
- [5] P. Ravindran, K. Manisekar, S. Vinoth Kumar, P. Rathika: Investigation of microstructure and mechanical properties of aluminium hybrid nano-composites with the additions of solid lubricant; Materials and Design 51 (2013) 448–456
- [6] S. Mahdavi, F. Akhlaghi: Effect of the SiC particle size on the dry sliding wear behavior of SiC and SiC–Gr-reinforced Al6061 composites; J Mater Sci (2011) 46:7883–7894
- [7] Ch. Lee, X. Wei, J. W. Kysar, J. Hone: Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene, Science 321 (2008) 385.
- [8] A. A. El-Dalya, M. Abdelhameed, M. Hashish, W. M. Daoush: Fabrication of silicon carbide reinforced aluminum matrix nanocomposites and characterization of its mechanical properties using non-destructive technique, Mater Sci & Eng A 559 (2013) 384–393
- [9] Kiyoshi Mizuuchi, Kanryu Inoue, Yasuyuki Agari et al.: Processing of Al/SiC composites in continuous solid–liquid co-existent state by SPS and their thermal properties, Composites: Part B 43 (2012) 2012–2019
- [10] Rajesh Kumar Bhushan & Sudhir Kumar & S. Das: Fabrication and characterization of 7075 Al alloy reinforced with SiC particulates; Int J Adv Manuf Technol (2013) 65:611–624
- [11] Kun Péter: Új szerkezetű funkcionális kerámia nanokompozitok előállítása és vizsgálata, BME Diplomamunka TTK Mérnök Fizikus Szak, (2012) p. 68.
- [12] F. Kretz, Z. Gácsi, J. Kovács, T. Pieczonka: The electroless deposition of nickel on SiC particles for aluminum matrix composites; Surface and Coatings Technology 180–181 (2004) 575–579

Nemesfémkohászat Magyarországon, Körmöcbányától a Metal-Art-ig

Miről nem szól a cikk?

A nemesfémkohászat alakulásának meghatározó elemei.

Ízelítő egy 80 éves publikációból.

Körmöcbányáról Budapestre.

Michaelis Samu munkássága.

A közelmúlttól napjainkig.

A Kedves Olvasó miről nem fog információt találni ebben a cikkben?

Nem találhatóak benne technológiai elemek, nem lesz benne sem ötvözési útmutató, sem alakítási diagram, sem különleges anyagok és ötvözetek megmunkálási módszerei, sem a nanoméretű nemesfémek előállításában a napjainkban született eredmények és végezetül, nem az évtizedekig nemesfémkohászatot egyedülként működtető Pénzverő reklámozásáról fog szólni ez a cikk.

Mindezek természetesen előbb-utóbb publikálásra kerülnek majd, egy másik cikk vagy előadás keretében – hacsak nem a vállalati üzleti titkok szerves részei –, de most korokat igyekszem átívelni és bemutatni, történeti megközelítéseket alkalmazva. Szeretném megvilágítani azt a hátteret, amely a címben említett időszakot jellemzi, a maga változásaival, összefüggéseivel a nemesfémkohászat terén és bízom benne, hogy mindez érdeklődésre tarthat számot.

Mindjárt az elején fel lehet tenni a kérdést, hogy a nemesfémkohászat önmagát tekintve egy iparág, egy szakma, egy speciális műszaki terület, vagy éppen a nemesfémek sajátosságait magába foglaló rejtélyes metallurgia. Nehéz kizárni bármelyiket is, a szakma meghatározásában ötvöződnek a terminus technicus-ok. A cikkíró meglátása szerint, valami olyan megfoghatatlan, az anyagtudományokon belüli különlegesség, amihez csak kellő alázattal lehet és szabad közelíteni, elfogadva, hogy a megismerhetőségéhez, alkalmaz-

ságához, alkalmazásához, a fémek örömteli csillogásán túl, rögzös és akadályokkal teli út vezet.

Melyek tehát a nemesfémkohászat alakulásának meghatározó elemei az elmúlt évszázadban?

- a megszorítások;
- a korlátok;
- a kihívások;
- a kényszerítések;
- a szakma kiválóságainak törekvései, előrevivő tevékenységük.

A 100 év két nagy világegyése, forradalmi, politikai megmozdulásai, különböző politikai gazdasági arcultai, berendezkedései, mind szoros összefüggéseként tükröződtek vissza, és próbálták alakítani szélesebb értelemben a nemesfém szakmát. A különböző érákban egy a közös, hogy mindegyik a nagy értéket képviselő fémek feldolgozásán és kereskedelmén tartja a figyelmét, költségvetési tényezőként értékelve azt. A szorosabb kötődés a napi eseményekhez talán a nemesfémek többfunkciós tulajdonságára, felhasználhatóságára vezethető vissza. Csak néhány ezek közül: a termék-előállításához nélkülözhetetlen félgyártmány, a nemesfém értékén túl magas művészi értéket hordozó dísz tárgy, a hétköznapi használati tárgya, a teaurálás tárgyai, megtestesítő alakjai. A magas fémérték lehet a folyamatosság egyik ága. A másik ága pedig az elkötelezett szakmaiság. Ízelítő példa erre egy 80 éves publikációból:

„A termelés uralkodója a vevő, a fogyasztó; érte folyik a gazdasági harc. A mostani válságban ez a harc olyan heves, amilyen még talán soha



■ 1. kép. A folyóirat címlapjának részlete

sem volt, ami egész természetes, hiszen a bajok alapoka a termelés túlméretezettségében és a fogyasztás megcsappanásában rejlik.”

Idézet az Öntöde c. folyóirat I. évfolyam, első számából. Megjelent 1933. június 10-én, közel 81 évvel ezelőtt (1. kép). Az írás címe „Az öntőmű problémái”, szerzője dr. Verő József főiskolai előadó. Témák, amelyeket elemzett a cikkben: a termelési volumen, a költségmegtakarítás, a formázóhomok, az olvasztóberendezések, mind a mai kor problémáit is érintik, érezhetőek a visszaköszönések, az aktualitások.

Egy rövid időutazás még jobban megvilágítja a nemesfémkohászat rögzös útjait.

A vonat harmadszor sípolt, indulásra kész a szerelvény, a Monarchia verdejének berendezései, nemesfém-készletei becsomagolva, három napi kemény feszített munka árán, útra-készen várják az indulást. A Károly Róbert alapította körmöcbányai verde 590 év után költözésre szorult, a cseh csapatok már a felvidéki területeken nyomultak előre. Ekkor a naptár 1918 október végét mutatta.

A nemesfém szakma műszaki technikai bázisának kiépítése rövidesen megkezdődött a fővárosban, megszületett a Magyar Királyi Állami Pénzverő, a volt huszárlaktanya helyén az Üllői úton (2. kép).

Igazi fellegvára épült a nemesfém szakmának, magába foglalva, alkalmazva a körmöcbányai több évszázados felhalmozott ismereteket, töretlenül folytatva a régi tevékenységi köröket, megújítva azt a kor legfris-



■ 2. kép. Korabeli látogatási érme



■ 3. kép. Korona és pengő



sebb technológiáival. Megindul a nemesfém színítés, ötvözés, huzal-, lemez- és lapkagyártás, forgalmi fém-pénzt vernek a verőgépek, verőtöveket vésnek értő kezek, kitüntetések készülnek mesterek kezei által. A korona helyett pengő az új fizetőeszköz, és a KB verdejelet a BP. váltja fel (3. kép).

A tevékenység újraindításában, a hazai pénzverés és nemesfémipar létrejöttében oroszlánszerepet vállalt egy kevésbé ismert személy, *Michaél Samu*, az első igazgató, aki fáradhatatlanul alakította, szervezte mindezek megvalósítását. Mit is tudhatunk róla?

Főbányatanácsos, később miniszteri tanácsos, majd 1922-től 1934-ig igazgatója a Magyar Királyi Állami Pénzverőnek. Munkássága Selmecbányáról indul, első szakterülete és publikációja még a rézbányászathoz kötődik (Rézbányászatunk hanyatlásának okai, Selmecbánya, 1910).

Kutatásai, szabadalmi már a flotáció témakörében születnek meg, és a nemesfémekre terjednek ki: Gyakorlati eljárás a szegény bányatermékeknek flotáció szempontjából való megvizsgálására. 1912. Eljárás és berendezés szegény arany és ezüstérczek dúsítására flotációval. 1913.

A következő időszak már Budapesthez kötődik, 1922-ben kinevezik főbányatanácsosnak, 1925-ben londoni tanulmányútja hozzásegíti, hogy a Trianon utáni elszigeteltségből kiemelje a hazai nemesfémipar megmérettetését a nemzetközi szintre.

A feszített munka, a magas elkötelezett szakmaiság gyümölcse két pénzverési megbízás elnyerése. Egyiptomnak és Bulgáriának is az Üllői úton készült a teljes fém-pénz kibocsátása, piaszterek és levák milliói öregbítették a magyar ipar hírnevét.

Mint az ország egyetlen jelentős mennyiségű nemesfémét feldolgozó

cége, a második világháború alatt is jelentős események színhelye volt. Regénybe illő történetek játszódtak le a nemesfémkészletek és verőgépek hol nyugatra, hol kelet felé történő „diszponálása” körül. A végeredmény, hogy értő és felelős vezetők, sokszor életük veszélyeztetésével és egzisztenciájuk kockáztatásával biztosították, hogy a háború után legyen az újrakezdésre lehetőség.

Az államosítás, a nemesfémek kisipari bekényszerítése az 50-es években jelentősen megnövelte a dolgozók számát, közel 1700 fő vett részt a nemesfémtermékek készítésében. A kohászati termékek utáni igény ugrásszerűen nőtt, a tervgazdálkodás kereteiben és béklyójában a nemesfémek nagyipari alapjai bontakoztak ki. Ehhez a kohász elkötelezettségű, a távlatokban gondolkodó mérnöki mentalitás szinte egyik évről a másikra alakult ki. A vezetés, *Gonda Lajos* főmérnök, és beosztott mérnök kollégái, *Laboda Sándor* mérnök és az őket követő, tőlük tanuló, új fiatal generáció, miskolci tudásanyaggal rendelkező *Timár Béla* és *Tóth Bertalan* a hazai nemesfémkohászat elkötelezettjeiként vonultak be a cég történetébe.

A mai időkhoz érve, nincs semmi szégyenkezni való, elődeink munkássága európai szintre emelte a magyar nemesfémek szakmát. Csak néhány kuriózum, amely az elmúlt évtizedek eredményeit példázza. A hidro- és pirometallurgia széles spektrumának bevezetése, nagy precizitású extra vékony ezüstszalagok gyártása, jól önthető és képlékenyen kiválóan alakítható arany-ötvözetek bevezetése, nemesfém-takarékos félgyártmányok kialakítása, folyamatos öntési technológia alkalmazása nagy volumenű nemesfém lapkagyártáshoz, nagy termelékenységű nemesfém huzalforrasztási módszer kidolgozása,

színfém-előállítás „good delivery” minőségben (4. kép).

Mindezen kihívásokon túl a friss kutatási témák:

- Hazai fejlesztésű könnyűfém porkohászat megalapozása, nanoszerkezetű, multifunkcionális, intelligens anyagok és termékek fejlesztése. 2005–2009.

- Környezetvédelmi és biztonságtechnikai célú, nemesfém nanoporokon alapuló innovatív termékek (szűrők, szenzorok, katalizátorok) fejlesztése. 2006–2011.

A száz év summázása igen nehéz, hiszen a zaklatott XX. századunkban, nem a nemesfémipar kibontakozásának támogatása volt a jellemző. Ennek ellenére az eredmény jól látható, Kőrmöcbányától a Metal-Art-ig sokak törődéssel, ésszel és szívvel vezérelve a nemesfémkohászat kiemelkedő színvonalát meg tudtuk tartani hazánkban.

Végezetül bátorítok minden kutatót, fejlesztőt kíváncsi szakembert, hogy éljen a lehetőséggel, mivel a nemesfémkohászat továbbra is gazdagon rejt még titkokat, teletűzdelve újabb kihívásokkal.



■ 4. kép. Befektetési aranytömb

Újra fényezve, avagy a fémtörvény kálváriája

Jó két év huzavona, bizonytalanság után végül 2013 novemberében hatályba lépett az új fémtörvény és végrehajtási rendelete. Meglehetősen sajátos jogalkotási folyamat következett: ez a szabályozás, érdemes ennek fényében vizsgálni a jogszabályt, illetve levonni a már most látható tanulságokat. Röviden tekintsük át fémtörvényi szabályozás eddigi kronológiáját.

2007. *Gémesi György* Gödöllő polgármestere a szoborlopások kapcsán szorgalmazta szigorú fémtörvényi szabályozás létrehozását.

2008. A kormány *Kondorosi Ferenc* nevezte ki a téma kormánybiztosává, és 2008–2009 folyamán elsősorban központilag vezérelt jogalkotás keretében elkészült a fémtörvény és végrehajtási rendelete, amelyek 2010-ben hatályba léptek.

2011 nyarán, alig telt el egy év a hatálybalépéstől, a Nemzetgazdasági Minisztérium Kereskedelmi Osztálya felhatalmazást kapott a fémtörvény módosítására, annak alkalmazhatóságába tétele, a kiskapuk bezárása, az illegális szereplők elleni határozottabb fellépés és a legális kereskedők működésének védelme érdekében. Az egyeztetéseken a központi szereplő a NAV volt, de közreműködött valamennyi fémhulladék-kezelő érdekképviselet (Magyar Fémhulladék Forgalmazók és Feldolgozók Szövetsége, azaz a Fémszövetség, a Hulladékhasznosítók Országos Egyesülete, azaz a HOE, és a Magyar Fémkereskedők Szakmai Egyesülete, azaz a MFSZE) is.

2011 őszére, elkészült a módosított fémtörvény tervezete, azonban a jogalkotási folyamat megakadt.

2012 májusában a kormány tárgyalta a fémtörvény előterjesztését, és végül azzal a megjegyzéssel küldte vissza a minisztériumnak, hogy vizsgálja meg több aspektusból a jogszabály módosításának lehetőségét. Ettől kezdve teljes a bizonytalanság, az érdekképviseletek kimaradtak a további egyeztetésekből. Nem hivatalos, de utólag megerősített információ-

ók szerint a minisztériumnak vizsgálnia kellett volna a szakma államosításának, illetve a fémkereskedelem koncesszióba adásának lehetőségeit. Az érdekképviseletek „láthatatlan” ellenféllel küzdöttek, a sajtóban kommunikáltak, hogy az államosítás nem jelenthet megoldást a fémlopások ellen.

2013 tavaszán váratlanul, de megkönnyebbülést okozva ismét felbukkant a fémtörvény tervezete, mint a parlament elé benyújtott előterjesztés. Különböző politikai szereplők és az NGM-NAV módosító indítványai kerültek be a jogszabályba.

2013 szeptemberében, a brüsszeli notifikációs eljárás után elfogadta a parlament a törvényt, amely két hónapot követően lépett hatályba. Rengeteg lényegi kérdés maradt nyitva, amelyet a kormányrendeletnek kell rendeznie.

2013 október-novemberében csúszás, kapkodás, minisztériumok közötti vita alakult ki a végrehajtási rendelet alkalmazhatósága és felhatalmazó rendelkezései körül. Már életbe lépett a törvény, mire megszületett a kormányrendelet.

Hogyan láttam én magam néha közelebről, néha távolabbról a folyamatot?

Megvallom, lelkesen támogattam, hogy a fémtörvény mielőbb módosításra kerüljön. Egy szigorú és túladminisztrált szabályozásban működünk, amely fojtogatta az engedélyes kereskedőket, miközben a fémeket továbbra is lopták gátlástalanul, a mi szakmánk presztízisének rovására, és kevésbé kellett tartania a hatóságok szigorától annak, aki a zavarosban halászott. Az első egyeztetéseken 2011-ben rögtön hajlandóság mutatkozott a minisztérium részéről, hogy a hatnapos kényszertárolást kivegyék a rendeletből. A törvénytervezet preambulumában tartalmazta, hogy a cél a legális kereskedők munkájának könnyítése. Olyan jól indult minden, hívtak bennünket, meghallgattak és figyelembe vették, amit mondtunk. Úgy tűnt, hogy a korábbi központosított jogalkotás helyett szakmai koncepció készülhet. A Fémszövetség, a HOE és a MFSZE végig összetartva képviselte a szakma érdekeit.

Jelentősen fordult a kocka, az addigi munka veszni látszott, amikor az

egyeztetések hirtelen leálltak, és nem jött több információ a törvénytervezet sorsáról. Az addig nyitott NGM hirtelen bezárkózott. A folyamatokat tekintve olybá tűnt, bedarálnak minket, kormányzati döntés alapján egyszerűen államosítanak, jobb esetben koncesszióba adnak bennünket, ahogy tették a „szemetes” cégekkel, illetve a dohányforgalmazókkal. A helyzet abszurduma volt, hogy érdemben senkivel sem lehetett tárgyalni, legendák terjedtek, hogy ki áll a törekvések hátterében, csupán néhány szerepét eljátszó politikus erősítette a sajtóban a hangulatot, amely megágyazhat majd az államosítási törekvéseknek.

Hogy végül miért került el a szakma az államosítást? Több tényező játszhatott szerepet. Úgy tűnt az NGM sem tartotta kívánatosnak az ilyen mértékű állami beavatkozást. Az érdekképviseletek sok helyen hangoztatták, hogy kb. 10 ezer munkahely kerülhet veszélybe, nem beszélve a több milliárdos hulladékgazdálkodási beruházások sorsáról. A kommunális hulladék szektor sorsa ekkor már eldőlt, és több EU tagállammal keményen konfrontálódott emiatt a magyar kormányzat. Véltetően nem kívántak újabb frontot nyitni egyelőre, különösen nem a választások közeledtével.

Ebben a hangulatban tulajdonképpen érthető, hogy a 2013-as év már nem kifejezetten arról szólt az NGM részéről, hogyan lehet a törvényt még „tökéletesebbé” tenni, inkább arról, hogy záruljon le végre mielőbb ez a két évesre nyúlt jogalkotási folyamat. Mikor tehát döntés született arról, hogy szabad utat kap az NGM tervezet, már a gyorsítás szempontja – és nem az egyeztetés – vette át a főszerepet. De mivel a tervezet az EU notifikáció miatt még így is jó fél évet várakozott a parlament előtt, ezért a jogszabályba bele-bele szurkáltak mondatokat, rendelkezéseket. A végrehajtási rendelet kidolgozására és a törvénnyel való összhangba hozására méltatlanul kevés idő maradt.

Ki kell sajnós mondani, hogy a rengeteg jó szándék ellenére egy annyira bonyolult, kodifikációs szempontból ezer sebből vérző törvény és rendelet született, amelyre senki nem lehet büszke. Ebben közös a felelőssége a minisztériumnak, a NAV-nak, az ér-

Dr. Vitányi Márton az Inter-Metal Recycling Kft. cégvezetője, a Fémszövetség jogi és környezetvédelmi szakértője.

dekképviselőknek és a politikának. Az NGM alapvetően csak felügyelte, koordinálta a jogalkotást, ezért nagyon érződik a kodifikációs kérdésekben jártas szakemberek munkájának hiánya a megszületett rendelkezések kuszaságán, belső ellentmondásain. Mind a NAV, mind a szakma beleesett abba a csapdába, hogy elhittük, lehet olyan jogszabályt készíteni, amely részletes szabályokkal minden korábbi kiskaput bezár, minden joghézagot befalaz, minden korábban felmerült jogalkalmazási kérdést megválaszol. Nem lehet, sőt nem is szabad. Tovább rontott a minőségen és az alkalmazhatóságon a politikai akarat, bele-beleenyúlva a jogszabályba. A végén pedig a rendelet olyan mértékben össze lett csapva, hogy arról már egyeztetni sem igen volt érdemes, viszont kényszerpályán el kellett fogadni.

Végül a törvény bevezetőjéből is kikerült a legális fémkereskedők védelméről szóló bekezdés.

Mi a legnagyobb probléma a jogszabállyal?

Talán az, hogy a hatnapos kényszerátvitel megszűnése „fejében” a NAV az érzékeny felismerésre alkalmas jellemzővel rendelkező (FAJ) anyagok speciális követését tette meg a fémlopások elleni fellépés „bázisává”. Az érzékeny FAJ-kódok alkalmazásának szabályai pedig egy olyan

követhetetlen, szövevényes labirintusba vezetnek a törvénytől indulva a kormányrendeleten át a jogalkalmazásig, melyben még a legfelkészültebb jogász is bizonytalanul botorkál, nem beszélve a jó szándékú, de nem magasan kvalifikált fémkereskedőkről, illetve a lényegesen egyértelműbb szabályokhoz szokott NAV járőrökről. Sajnos nem csupán a FAJ-kódok körül sok a bizonytalanság, ennek oka pedig a túlszabályozottság, a zavaros jogalkotási folyamat miatt sietve összehozott kormányrendelet.

A jogbizonytalanság pedig egy állammosítással megfenyegetett, a NAV által továbbra is folyamatosan ellenőrzött szakma számára a legrosszabb üzenet. Nem tudhatod pontosan mikor szeged meg a szabályt, mikor, hány forintba büntetnek érte, csak azt, ha négy év alatt kétszer hibázol, akkor elveszik az engedélyed.

Eközben továbbra sem látható, hogy bármi történne az illegális szereplők visszaszorítása érdekében, hiszen a NAV munkatársait is nagymértékben az köti le, hogy megértsék a jogszabályt, ellenőrzési módszereiket dolgozzanak ki, természetesen az engedélyes fémkereskedőkre.

Lehet-e alkalmazhatóvá tenni a jogszabályt?

Minden jogszabállyal együtt lehet élni, minden jogszabályt meg lehet

szokni, bele lehet törődni. Azt gondolom azonban, hogy ez nem lehet cél.

Jeleztük tavaly decemberben, hogy már most néhány helyen sürgősen hozzá kellene nyúlni a jogszabályhoz, hogy ne alakuljon ki teljes káosz az érzékeny FAJ-anyagok körül idén március elején.

Az értelmezési problémákat a NAV központi szerve állásfoglalásokkal próbálja megválaszolni. Ezek azonban kötelező erővel nem rendelkeznek. Kérdés, hogy eljutnak-e a területi szervekhez, hasonlóan értelmezik-e és alkalmazzák-e őket?

Azt gondolom, hogy a sok vihart kavart rendelkezésekről – mint az égetett kábel kérdése, a határon átnyúló kereskedelem szabályozása, vagy a magánszemély készpénzkifizetések jelentős korlátozása – korai lenne véleményt nyilvánítani. Hosszabb idő távlatából kell majd vizsgálni őket.

Meg kell becsülni, hogy egyelőre a legális fémkereskedők nem céltáblái az állammosításnak, nem kell hat napig tárolni a magánszemélyektől átvett fémeket, és dolgozzunk közösen azon, hogy a jogszabály lehetetlen, értelmezhetetlen rendelkezései kigyomlálásra kerülhessenek, és egységes jogalkalmazás jöhessen létre.

Kohászati életpályák Szakmai és személyes kitárulkozások

„Életünk a hivatásunk” címmel az Életpályák könyvsorozat a kohászat szakterületén kiemelkedő szakemberek életének megörökítésére tett kísérletet. A Vasas Szakszervezeti Szövetség dr. Horn Jánossal – az ötletgazdával és szerkesztővel együtt közreműködve – 2013. november 15-én már a második kohászati témájú életutakat tartalmazó könyvet adta ki. Az első kötetben 2012-ben tizenegy, a másodikban, a 2013-ban megjelentben pedig tizenhárom neves akadémikus, egyetemi tanár, szakember göröngyös, de végül igazán sikeres életét és szakmai pályafutását ismerhetjük meg összesen 815 oldalon. A második kötethez Voith Márton írt ajánlást. A kiadványban olvasható önéletrajzi írások szerzői: Bakó Károly, Harrach Walter, Hatala Pál, Lengyel Károly, Marczis Gáborné, Mezei József,

Remport Zoltán, Sándor Péter, Szőke László, Szombatfalvi Rudolf, Szűcs László, Takács Nándor és Várhelyi Rezső.

A könyvatadó ünnepségre a könyv fő szponzora és kiadója, a Vasas Szakszervezet központi székházának elnöki tanácstermében került sor, ahol a támogatók és a könyv szereplői vettek részt. Szabados Ottó, a MVAE igazgatója a következőképpen jellemezte a könyvet: „A MVAE, mint résztámogató nagyon jó és hasznos kezdeményezésnek tartja a szakmai történelem megörökítését. A könyv érdekessége, hogy az olvasó több szemszögből, egyéni életutakon és szemé-

lyes hangvételű írásokon keresztül ismerheti meg a kohászat fejlődését.”

A 2002-ben indított „Életutak/Életpályák” c. könyvsorozat elismeréseként dr. Horn János 2011-ben megkapta a Magyar Rekorder Diplomát.

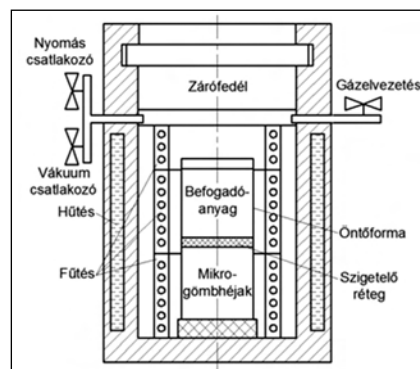
Tóth Szilvia



MÁJLINGER KORNÉL – ORBULOV IMRE NORBERT

Hibrid szintaktikus fémhabok szilárdsági jellemzői

Fém- (GM) és kerámia gömbhéj (GC) erősítésű AISi12 mátrixú hibrid kompozitokat állítottunk elő nyomásos infiltrálással. A GM-gömbhéjak tiszta vasból, míg a GC-jelű gömbhéjak $Al_2O_3+SiO_2$ keverékéből épültek fel. A gömbhéjak térkitöltését minden esetben ~65 tf%-on tartottuk. A hibrid kompozitokban a kétfajta gömbhéj térfogatarányát változtattuk 20 tf%-os lépésként a következők szerint: 100% GC- és 0% GM-aránytól 0% GC- és 100% GM-arányig. Az előállított kompozitokon zömítővizsgálatokat végeztünk a DIN50134 szabvány alapján, három magasság-átmérő viszony mellett ($H/D=1; 1,5; 2$). A szilárdságértékek, az elnyelt energia és a szerkezeti merevség a kerámia gömbhéjak térfogatarányának növekedésével jelentősen nőttek, míg a törési alakváltozás csökkent. Vizsgáltuk a gömbhéjak és mátrixanyag kapcsolatát és a lehetséges kémiai reakciókat is.



■ 1. ábra. A nyomásos infiltráló kemence sematikus felépítése

1. Bevezetés

A szintaktikus fémhabok olyan speciális, részecskeerősítésű fémmátrixú kompozitok, amelyekben az erősítőanyag üreges gömbhéjak halmaza. Előnyeik közé sorolható a kis sűrűségük, a fémhabok között kiemelkedő nyomószilárdsági jellemzőik, energiaelnyelő-képességük, sérüléslokalizáló képességük stb. A szintaktikus fémhabok mátrixanyaga általában valamilyen könnyűfémtözet (a legtöbb esetben Al, esetleg Mg). A gömbhéjak pedig különféle méretben és összetételben kereskedelmi forgalomban kaphatók. A szakirodalomban eddig leírt szintaktikus fémhabokat egyféle anyagminőségű gömbhéjhalmoz felhasználásával állították elő, egyetlen kivétellel [1] esetén pedig még a gömbhéjak méretei is igen szűk tartományok között változtak. Jelen munkánkban bemutatjuk, hogy több, akár anyagában különböző gömbhéj felhasználásával, úgynevezett hibrid szintaktikus fémhab is sikeresen állít-

ható elő. Ez a lehetőség tovább erősíti a szintaktikus fémhabok azon tulajdonságát, hogy mechanikai és fizikai jellemzőik, az erősítő- és a mátrixanyag tulajdonságainak és jellemzőinek tervszerű megválasztásával széles határok között változtathatók.

A szintaktikus fémhabok és így a hibrid szintaktikus fémhabok is alapvetően két módszerrel állíthatók elő. Az egyszerűbb és olcsóbb eljárás az úgynevezett keverékes eljárás [2, 3]. Ennek során a mátrixanyagot megolvastják, kismértékben túlhevítik, majd az előmelegített gömbhéjakat folyamatos keverés mellett bekeverik a mátrixanyagba. Az eljárás előnye a gyorsasága, hátránya pedig az, hogy a mechanikus keverés során a gömbhéjak egy része megsérül, összetöredezik, ráadásul a kialakuló szuszpenzió látszólagos viszkozitásának növekedése miatt csak kisebb térkitöltésű szintaktikus habok gyártására alkalmazható [4]. Hátránya még, hogy a keverékes technológia feltehetőleg több ideig tart, így jobban oldódnak a gömbhéjak a reaktív fémolvadékban. A másik szokásos eljárás a nyomásos infiltrálás, amely során mechanikai úton vagy inert gáz nyomásával hozták létre az infiltrációt [5-7]. Ennél a

módszernél különösen fontos a szükséges infiltrálási küszöbnyomás biztosítása, amit több modell alapján is meg lehet becsülni [6, 8, 9].

Jelen cikkünkben ismertetjük a hibrid szintaktikus fémhabok előállításának lehetőségét, és a fémhabokon végzett mikroszkópi, valamint mechanikai vizsgálatok eredményeit.

2. Anyagok és kísérleti módszerek

2.1. A vizsgált kompozitok

A kompozitok mátrixanyagának kis olvadáspontja (~575 °C) és viszkozitása miatt a közel eutektikus AISi12 ötvözetet választottuk. A mátrix mért összetétele: 12,83 t% Si, 0,127 t% Fe, 0,002 t% Cu, 0,005 t% Mn, 0,01 t% Mg, 0,007 t% Zn, 87,019 Al, mely a szabványos értékeken belül volt [10].

Kétfajta gömbhéj (kerámia és fém) került erősítőanyagként felhasználásra, melyeket a Hollomet GmbH [11] gyártott. A kerámia gömbhéjak (Globocer, GC) átlagos átmérője 1450 µm volt $t=60$ µm falvastagság és $\rho=0,816$ gcm⁻³ sűrűség mellett. A gömbhéjak falának összetétele 33 t% Al_2O_3 , 48 t% SiO_2 és 19 t% $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. A fém gömbhéjak (Globomet, GM)

Májlinger Kornél életrajza a Kohászat 2011/3. számában található.

Orbulov Imre Norbert életrajza a Kohászat 2011/3. számában található.

1. táblázat. A vizsgált szintaktikus fémhabok mért sűrűségértékei

Mintamejelölés	Mért sűrűség, ρ_m (gcm ⁻³)
100GM-0GC	1,327
80GM-20GC	1,639
60GM-40GC	1,649
40GM-60GC	1,694
20GM-80GC	1,743
0GM-100GC	1,833

hasonló átmérőtartományban mozogtak $\rho=0,4$ gcm⁻³ sűrűség mellett, összetételük 100% Fe. A gömbhéjak törőereje (polírozott lapok között nyomva 50-50 mérés átlaga alapján) GC esetén 22,1±1,18 N, GM esetén 5,1±0,18 N. Megállapítható tehát, hogy a kerámia gömbhéjak jóval nagyobb szilárdságúak, viszont ridegtörést mutattak, míg a vas gömbhéjak jelentős képlékeny alakváltozásra voltak képesek. A kompozitokban a két-fajta gömbhéj térfogatarányát változtattuk 20 tf%-os lépésként a következők szerint: 100% GC- és 0% GM-aránytól 0% GC- és 100% GM-arányig. A hibrid szintaktikus fémhabokat inert gáz (Ar) infiltrációval állítottuk elő, az alkalmazott infiltráló kemence vázlatát az 1. ábra mutatja. A bekevert gömbhéjak 40×60 mm keresztmetszetű, 360 mm magas kigrafitozott és befenekelt tégelybe kerültek a magasság feléig. Ezután kocogtatással tömörítettük őket, így az erősítőanyagok térkitöltése ~65 tf% volt [12, 13]. A gömbhéjakra elválasztó alumínium-oxid-paplan majd egy, a mátrixanyagból készült tömb került. A tégelyt az infiltráló kemencébe helyeztük, majd a teljes kemencében durvavákuumot állítottunk elő egy vákuumszivattyú segítségével. A háromzónás kemence hőmérséklet-eloszlását hőelemekkel folyamatosan felügyeltük. A má-

rixanyag megolvadása után ömledék-dugóként elzárta az alatta található gömbhéjakat, majd a szivattyú kikapcsolása után Ar-gázt engedtünk a kemencébe 400 kPa nyomáson (400 kPa a kamrában és vákuum az ömledék-dugó alatt, a gömbhéjak között), ami az alumínium-oxid-paplanon keresztül a gömbhéjak közé préselte a mátrixanyagot. A kamrából való kivétel után a kész kompozitot vízben hűtöttük szobahőmérsékletre. A szintaktikus fémhab blokkot (~40×60×180 mm) eltávolítottuk a tégelyből. A blokkokat az erősítőanyag arányának megfelelően neveztük el, például a 80GM-20GC jelölés megfelel a 80 tf% GM- és 20 tf% GC-gömbhéjakat tartalmazó szintaktikus fémhaboknak. Az előállított blokkok sűrűsége tájékoztatóul az 1. táblázatban látható.

2.2. Vizsgálati technikák

A pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatok Phillips XL-30 elektronmikroszkóppal és EDAX Genesis energiadiszperzív röntgenspektroszkóp (EDS) detektorral készültek, polírozott mintákon, 20 KV gyorsítófeszültség, 35 µs detektorkioldás és 15 s gerjesztési idő mellett. A nyomóvizsgálatokat hengeres próbatesteken végeztük, MTS 810 típusú univerzális anyagvizsgáló gépen, négyvezetékes szerszámban, kettős kenés mellett. Az erősítőanyag aránya mellett a magasság-átmérő (H/D) viszonyt is változtattuk. A próbatestek átmérője (D) 14 mm, míg a magasságuk 14, 21 és 28 mm volt. (H/D=1; 1,5; 2). A zömítés alakváltozási sebessége 0,01 s⁻¹ volt (integrálközep). Blokkonként és H/D viszonyonként 5-5 próbatest (90 db) került zömítésre 25%-os mérnöki alakváltozásig. Az eredményeket a DIN 50134 szabvány

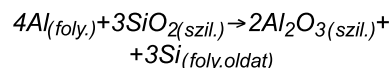
(Fémes anyagok vizsgálata – cellás anyagok nyomóvizsgálata) szerint értékeltük ki; a nyomószilárdságot, a szerkezeti merevséget, az elnyelt energiákat és a szabványban leírt egyéb értékeket határoztuk meg.

3. Vizsgálati eredmények és értékelésük

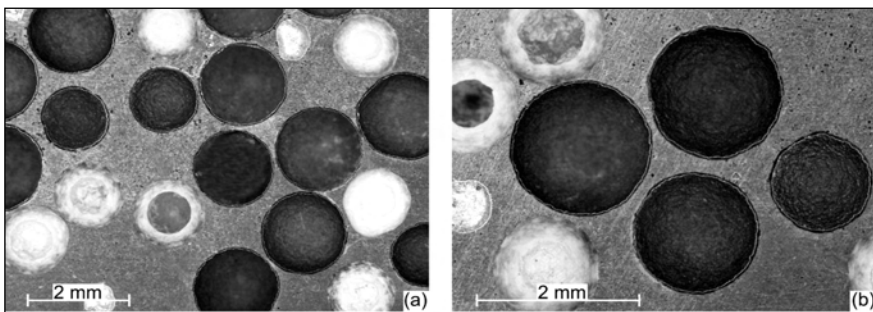
3.1. A mikrogömbhéj – mátrixanyag kapcsolatának vizsgálata

A szintaktikus fémhabok mikroszerkezetét két aspektusból vizsgáltuk: (I) a gyártási eljárás, azaz infiltráció oldaláról (mennyi a gömbhéjak és a mátrixanyag közti nemkívánt porozitás) és (II) a gömbhéj-mátrixanyag közti határreteg oldaláról, mivel ez a határreteg felelős a megfelelő terhelésátadásért a komponensek között, tehát meghatározó szerepe van a mechanikai tulajdonságokra. Az infiltráció minősége fénymikroszkópiával jól vizsgálható, a 2. ábra a 80GM-20GC minta tipikus mikroszerkezeti képét mutatja.

A kerámia és fém gömbhéjak jól megkülönböztethetőek, és a felvételen jól látszik a szinte tökéletes infiltráció is, az AlSi12 mátrix szinte teljesen kitöltötte a gömbhéjak közötti teret, a nemkívánt porozitás (gömbhéjak fala és mátrixanyag közötti rések térfogataránya) jóval 3% alatti volt. Néhány törött gömbhéj is megfigyelhető a 2. ábrán, ezek a törések az infiltráció során vagy már előtte is létrejöhetnek. A legtöbb törött gömbhéj GM-típusú volt, mivel a folyékony AlSi12 mátrixanyag agresszív közeg, oldja a gömbhéj vasfalát, így infiltráció közben a gömbhéj falának töréséhez, lyukadásához vezethet. Kerámia gömbhéjak esetében az olvadt mátrix Al-tartalma képes a gömbhéj falából szilíciumot oldani a következő egyenlet szerint:

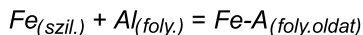


A fenti, diffúziós reakció hajtóereje a gömbhéj – mátrixanyag közti Si koncentrációkülönbség, mindemellett a mátrix nagy Si-tartalma miatt ez a reakció jelen esetben meglehetősen visszafogott. A fenti reakció miatt vonal menti EDS-méréssel meghatá-



2. ábra. A 80GM-20GC jelű szintaktikus fémhab csiszolati, fénymikroszkópi képe (a) kisebb és (b) nagyobb nagyítás mellett

roztuk az átmeneti réteg vastagságát. A vas gömbhéj – mátrixanyag oldalon a következő egyenletek szerinti reakciók játszódhattak le:



Egy tipikus szintaktikus fémhab szövétképet (40GM-60GC) mutatja be a 3a ábra.

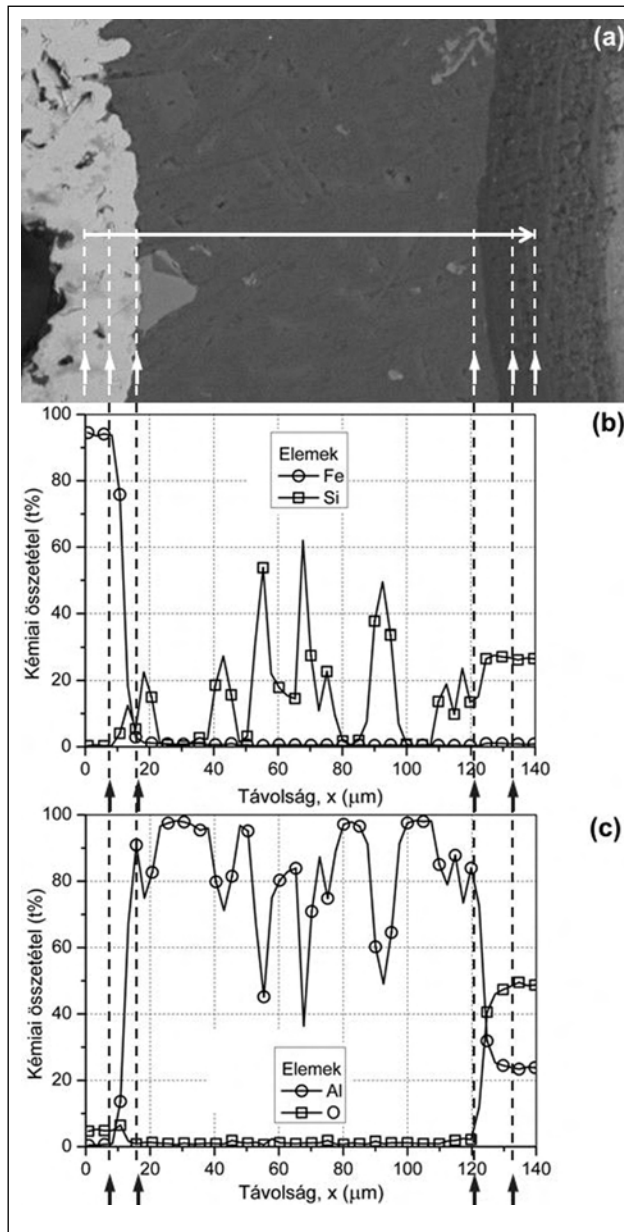
A 3a ábra SEM-felvételén balra GM-, jobbra pedig GC-gömbhéj látható és az EDS-mérés vonala és iránya fehér nyíllal került bejelölésre. A 3b-c ábrákon a kémiai összetétel-változás látható a vizsgált vonal mentén. A SEM-felvételen jól látható a belül üreges, sértetlen vas gömbhéj és a tökéletes infiltráció, hiszen a gömbhéjak közti kevesebb, mint 100 µm-es hézagot teljesen kitöltötte a mátrixanyag. A vonal menti EDS-mérés szerint az összetétel a gömbhéjnak, majd a mátrixanyagnak megfelelően változott. A fém gömbhéj falában főként vasat és az enyhe oxidáció miatt némi oxigént mértünk. A két gömbhéj között főként az Al dominál, de Si csúcsok is megfigyelhetők a mátrix nagy Si-tartalma és az eutektikus szerkezet miatt. A GC-gömbhéj falában az Al-Si-O aránya a gömbhéj összetételének megfelelően változott. A gömbhéjak fala és a mátrixanyag között hirtelen változások figyelhetők meg a vas és az oxigén összetételében az átmeneti rétegekben, a meredek átmeneteknél. A meredek görbék vékony átmeneti rétegekre utalnak, melynek értéke a GM-gömbhéj esetében ~10 µm, a GC-gömbhéj esetében ~5 µm vastag volt. Esetünkben a mátrixanyag ~30 másodpercig volt olvadáspont feletti hőmérsékleten. Valószínűleg ipari mértékű gyártásnál, nagyobb falvastagságok esetén a nagyobb térfogat miatti lassabb lehűlési idő (hosszabb reakcióidő) miatt mélyebb oldódási zónára kell majd számítani.

Megállapítható, hogy a mikroszerkezeti vizsgálatok megfelelő minőségű nyomásos infiltrációra utalnak, ami ígéretes mechanikai tulajdonságokat vetít előre.

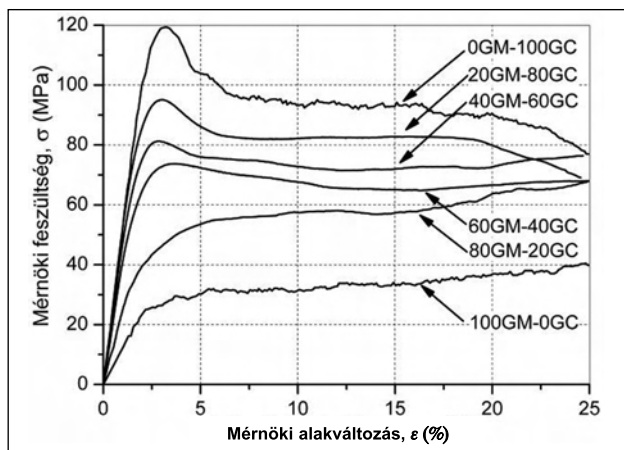
3.2. Nyomóvizsgálati jellemzők

A 4. ábrán szintaktikus fémhabok tipikus nyomógörbéi láthatók H/D=1 magasság-átmérő viszony mellett. Jól láthatóan a GC-gömbhéjak arányának növelésével jelentősen javultak a mechanikai tulajdonságok. A már említett DIN 50134 szabvány szerint a célás anyagok mechanikai tulajdonságait három csoportba sorolhatjuk, szilárdság, alakváltozás és elnyelt energiaértékek szerint.

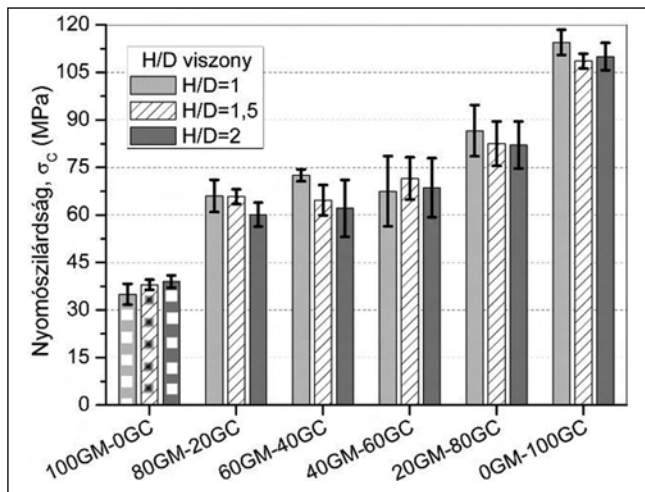
A szintaktikus fémhabok szilárdsága a nyomógörbéik első csúcsának maximumával (nyomószilárdság, σ_C) és adott alakváltozáshoz tartozó feszültségértékkel (hasonlóan a folyáshatárhoz, esetünkben az $\varepsilon=1\%$ -hoz tartozó feszültségérték, σ_{γ}) jól jellemezhető. A legfontosabb alakváltozási jellemzőjük a törési alakváltozás (ε_C), ami a nyomószilárdsághoz tartozó alakváltozás. A rugalmas alakváltozásuk jól leírható a szerkezeti merevséggel (S), mely a nyomógörbe kezdeti meredeksége. Energiaelnyelésük tekintetében a törési energia (W_C), ami a törési alakváltozásig elnyelt energia (görbe



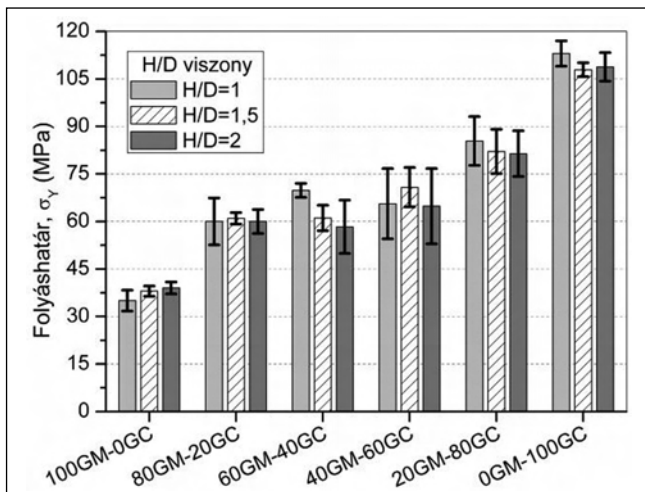
■ 3. ábra. (a) csiszolati SEM-felvétel 40GM-60GC mintáról vas, GM (bal oldal) és kerámia, GC (jobb oldal) gömbhéjakkal és a berajzolt nyíl vonalán mért EDS vonal menti spektrumok (b) Fe és Si elemekre, valamint (c) Al és O elemekre



■ 4. ábra. A szintaktikus fémhabok tipikus nyomógörbéi H/D=1 magasság-átmérő viszony mellett



■ 5. ábra. A szintaktikus fémhabok átlagos nyomószilárdság értékei a gömbhéjak térfogatarányának függvényében



■ 6. ábra. A szintaktikus fémhabok folyáshatár ($\epsilon=1\%$) értékei a gömbhéjak térfogatarányának függvényében

alatti terület ϵ_c alakváltozásig) és a teljes zömítés során elnyelt energia (W , a teljes görbe alatti terület) volt a vizsgált érték. Az energiaértékek a görbe alatti terület numerikus integrálásával számíthatók mindkét esetben. A kiértékelésnél a nyomógörbék (5-5 darab) átlagát és szórását ábrázoltuk.

Az 5. ábrán a hibrid szintaktikus fémhabok átlagos nyomószilárdság értékei láthatók a különböző típusú gömbhéjak térfogatarányának függvényében. (Mivel a 100% GM-gömbhéjak esetében nem volt leolvasható nyomószilárdság érték (4. ábra), ezért az ábrán összehasonlításképp a folyáshatár értéke (pettyezett oszlopok) szerepel. Megfigyelhető néhány fontos trend a szilárdságértékekben: a kisebb H/D viszonyú próbatestek nyomószilárdsága nagyobb, és a kerámia GC-gömbhéjak arányának

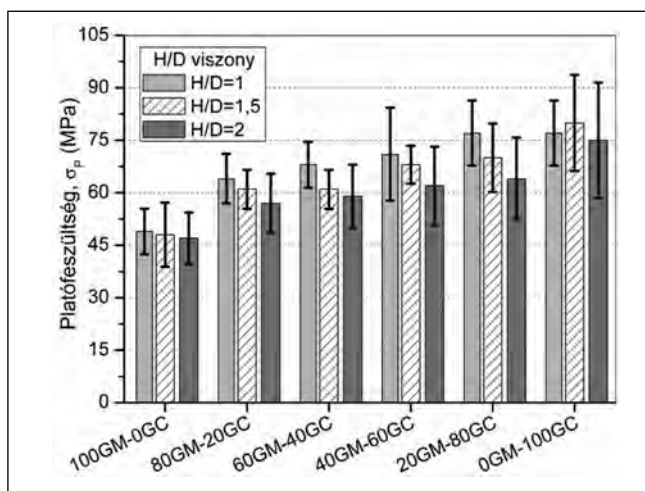
növekedésével nő. A nyomószilárdság növekedése szóráson belül konstans és egyenletes volt a hibrid szintaktikus fémhabok esetében: ahogy a képlékeny GM aránya csökkent, úgy csökkent a nyomószilárdság változása is H/D viszonyonként. A tisztán kerámia gömbhéjerősítés esetén egy nagyobb ugrás figyelhető meg a nyomószilárdság növekedésben, mivel a GC kerámia gömbhéj rideg és a kompozit már nem tartalmazott képlékeny GM-gömbhéjakat (a minimális képlékeny alakváltozási lehetőség is megszűnt). A folyáshatár értékeknél (6. ábra) is ugyanez a tendencia figyelhető meg.

A platófeszültségek esetében (7. ábra) jóval kisebb eltérés látható az egyes hibrid szintaktikus fémhabok között, viszont a szórásértékek jóval nagyobbak voltak az egyes görbék

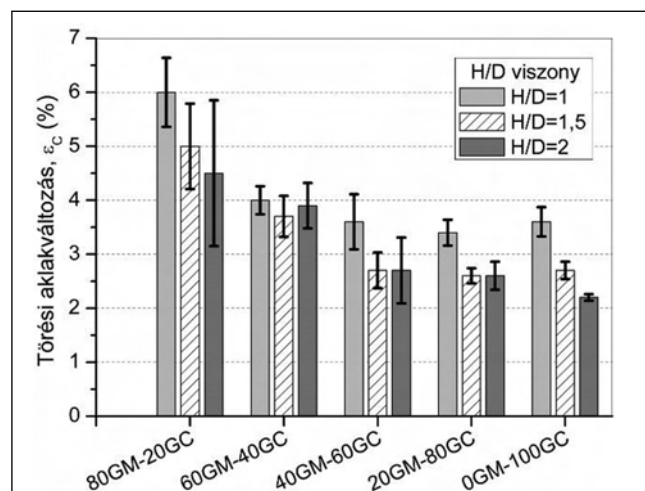
terheléslfutásaiban mutatkozó eltérések miatt, ez megfigyelhető a 4. ábrán az egyes görbék platós szakaszaiban is. A H/D viszony növekedésével csökkenő szilárdság trend itt is megfigyelhető volt. A tiszta GM erősítésű kompozitok „hagyományos” fémhabként viselkedtek. Nem volt kifejezett nyomószilárdságuk (4. ábra), viszont a terhelésnél hosszú egyenletes plató volt megfigyelhető a mérnöki feszültség – mérnöki alakváltozás görbéjükben, és terhelésük során teljesen képlékeny alakváltozást mutattak. Ahogy a GC-gömbhéjak aránya nőtt, egyre inkább a rideg törési mód (egy éles törési sávval) vált hangsúlyossá.

Ezt a trendet a törési alakváltozás csökkenése (8. ábra) is alátámasztja.

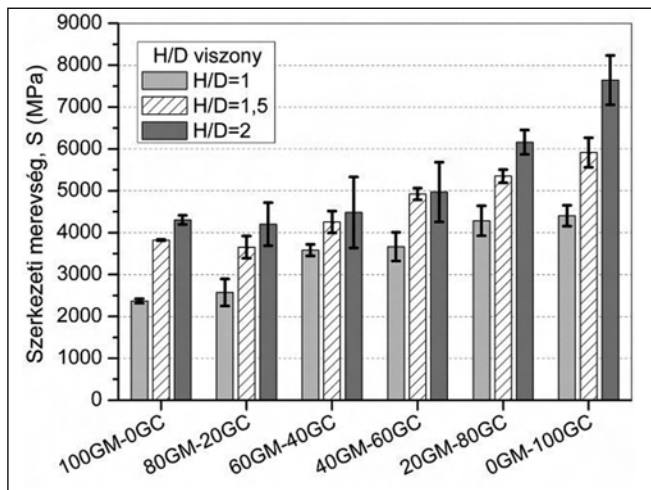
Ahogy a GC-gömbhéjak aránya nőtt, a törési alakváltozás úgy csök-



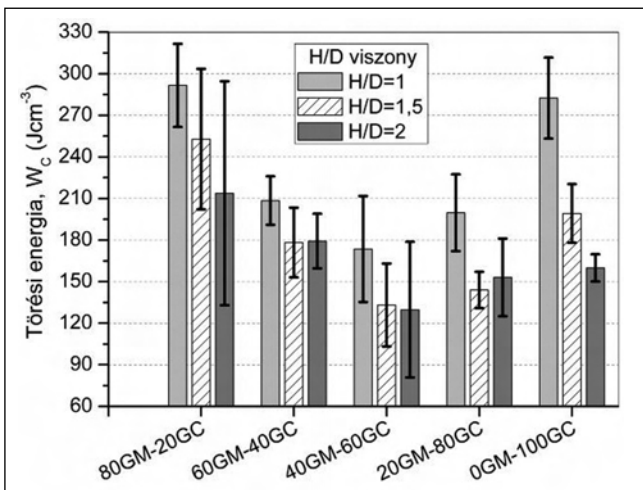
■ 7. ábra. A szintaktikus fémhabok átlagos platófeszültség értékei a gömbhéjak térfogatarányának függvényében



■ 8. ábra. A szintaktikus fémhabok átlagos törési alakváltozás értékei a gömbhéjak térfogatarányának függvényében



■ 9. ábra. A szintaktikus fémhabok átlagos szerkezeti merevség értékei a gömbhéjak térfogatarányának függvényében



■ 10. ábra. A szintaktikus fémhabok átlagos törési energia értékei a gömbhéjak térfogatarányának függvényében

kent és a törési mód egyre ridegebbé vált. A H/D viszonyal szintén csökkent a törési alakváltozás mértéke, ahogy a nyírási hatás intenzívebbé vált a nagyobb H/D viszonyal és a törés előbb következett be [14]. Ez a hatás a nagyobb GC-tartalomnál még inkább hangsúlyossá vált, mivel a kerámiák érzékenyebbek a nyíró terhelésre [14, 15]. A szerkezeti merevség a várakozásoknak megfelelően éppen ellenkezőleg alakult (9. ábra).

A legnagyobb szerkezeti merevség, a legnagyobb GC-tartalomnál a legnagyobb H/D viszony mellett volt mérhető. A H/D viszony hatása a szerkezeti merevségre szinte lineáris, a GC-tartalommal viszont közel exponenciálisan növekedett a merevség.

Biztonsági és energiaelnyelési felhasználáskor az elnyelt energiaértékek is nagyon fontosak. A törési alakváltozásig elnyelt energia a törési energia, melynek értékei a 10. ábrán láthatóak.

A törési energia értékek a tiszta GC-erősítésnél nagyok, mivel az erős kerámia gömbhéjak nagy nyomószilárdságot biztosítottak. Ahogy a kisebb szilárdságú GM-gömbhéjak bekerültek a rendszerbe, a törési energia értékek csökkentek, ez a folyamat ~40% GM-tartalomig tartott. Majd a GM-tartalom további növekedésével a törési energia értékek újra növekedtek, mivel a vas gömbhéjak képlékeny viselkedése került előtérbe, tehát a nyomógörbén vett integrálási határ kitolódott.

Hasonló viselkedés figyelhető meg a 25% alakváltozásig mért teljes

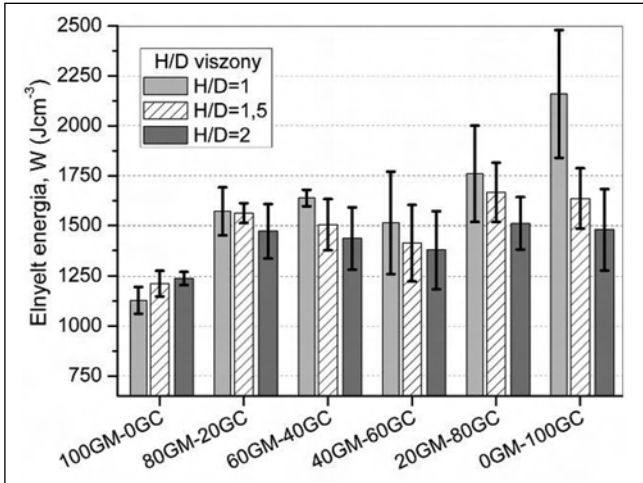
elnyelt energia értékek (11. ábra) változásában is, viszont a tiszta GM-erősítésnél kisebbnek adódott a teljes energia a kis nyomószilárdság és a kis platófejszilárdság értékek miatt.

Ahogy a 4–11. ábrák jól látható a hibrid kompozitok mechanikai tulajdonságai igen széles körben változtathatóak, ami lehetőséget nyújt a további adott alkalmazásokhoz való optimalizálásra.

Összefoglalás

A vizsgálatok alapján a következő megállapítások vonhatók le:

- A nyomásos infiltráció jó módszer nagy gömbhéj térkitöltésű hibrid szintaktikus fémhabok gyártására.
- A SEM-EDS-vizsgálatokon keresztül megfigyelhető (i) a vas oldódása a GM-gömbhéjból az AISi12 mátrixba, ami a gömbhéj falának károsodásához és ezáltal infiltrált gömbhéjakhoz vezethet, (ii) a GC-gömbhéjak és az AISi12 mátrix közti cserereakció, amit a mátrixanyag magas Si-tartalma csökkentett. Az átmeneti réteg vastagsága minden esetben 10 µm alatti volt.



■ 11. ábra. A szintaktikus fémhabok átlagos elnyelt energia ($\epsilon=25\%$) értékei a gömbhéjak térfogatarányának függvényében

- A nyomóvizsgálatok alapján megállapítható, hogy a nyomószilárdság, folyáshatár és a szerkezeti merevség növekedett, míg a törési alakváltozás csökkent a GC kerámia gömbhéjak arányának növelésével. Az értékek az erősítő- és a mátrixanyag tulajdonságainak és mennyiségének tervszerű megválasztásával adott alkalmazás igényei szerint alakíthatók.
- A kétféle gömbhéj aránya az elnyelt energia értékeket is befolyásolta, a törési energia értékekben lokális minimum volt megfigyelhető a 40GM-60GC mintánál. A nagyobb GC-tartalmak esetében a nyomószilárdság és platószilárdság értékek nagyobbak voltak, így az elnyelt energia nagyobb lett. A nagyobb GM-tartalomnál a kisebb nyomószilárdság értéket a vas gömbhéjak

nagyobb képlékenysége kompenzálta, kitolva az integrálási határt és ezzel növelve az elnyelt energiát.

- A teljes elnyelt energia a GM-gömbhéjak arányával folyamatosan csökkent a kisebb nyomószilárdság és platófeszültség okán.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- [1] Tao, X. F. – Zhang, L. P. et al.: (2009) Al matrix syntactic foam fabricated with bimodal ceramic microspheres. *Materials & Design* 30(7): 2732–2736.
- [2] Mondal, D. P. – Das, S. et al.: (2009) Cenosphere filled aluminium syntactic foam made through stir-casting technique. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 40(3): 279–288.
- [3] Daoud, A.: (2008) Synthesis and characterization of novel ZnAl₂ syntactic foam composites via casting. *Materials Science and Engineering: A* 488(1–2): 281–295.
- [4] Kaptay, G. – Kelemen, K. K.: On the Drag Force Acting on Ceramic Particles during Processing of Cast MMCs – in: „State of the Art in Cast MMCs”, szerk. Rohatgi P.K. TMS, 2000; 45–60.
- [5] Orbulov, I. N. – Dobránszky, J.: (2008:1) Producing metal matrix syntactic foams by pressure infiltration. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* 52: 35–42.
- [6] Rohatgi, P. K. – Kim, J. K. – Gupta, N. – Alaraj, S. – Daoud, A.: (2006) Compressive characteristics of A356/fly ash cenosphere composites synthesized by pressure infiltration technique. *Composites Part A* 37: 430–437.
- [7] Palmer, R. A. – Gao, K. – Doan, T. M. – Green, L. – Cavallaro, G.: (2007) Pressure infiltrated syntactic foams – Process development and mechanical properties. *Materials Science and Engineering A* 464: 85–92.
- [8] Bárczy, T. – Kaptay, Gy.: (2005) Modeling the infiltration of liquid metals into porous ceramics. *Materials Science Forum* 473–474: 297–302.
- [9] Trumble, P. K.: (1998) Spontaneous infiltration of non-cylindrical porosity: close-packed spheres. *Acta Materialia* 46: 2363–2367.
- [10] ASM Handbook. Properties and Selection: Nonferrous alloys and Special-Purpose Materials, vol. 2. 2nd printing. ASM International; 1995. p 54.
- [11] <http://hollomet.com/en/home.html> - utoljára letöltve 2013.10.10.
- [12] Jaeger, H. M. – Nagel, S. R. (1992) Physics of the Granular State. *Science* 255: 1523–1531.
- [13] Torquato, S. – Truskett, T. M. et al.: (2000) Is Random Close Packing of Spheres Well Defined. *Physical Review Letters* 84(10): 2064–2067.
- [14] Orbulov, I. N.: (2012) Compressive properties of aluminium matrix syntactic foams. *Materials Science and Engineering A* 555: 52–56.
- [15] Orbulov, I. N. – Ginsztler, J.: (2012) Compressive characteristics of metal matrix syntactic foams. *Composites Part A* 43(4): 553–561.

BUDAI ISTVÁN

Fémemulziók előállítása

A cikkben bemutatjuk és összehasonlítjuk a tömbi méretű fémemulziók előállításának két saját fejlesztésű módszerét és eszközeit. Elsőként egy klasszikus keverőrendszert mutatunk be, amely síklapátos keverőt és áramlástörővel ellátott keverőtégelyt tartalmaz. A keverőrendszert továbbfejlesztve egy nagy fordulatszámú hőálló kolloidmalmot (emulzifikátort) építettünk, amelynek előnye, hogy nem alkalmaz speciális tégelyt, és a nagy keverési fordulattal következményeként az előállítási idő jelentősen lecsökkent.

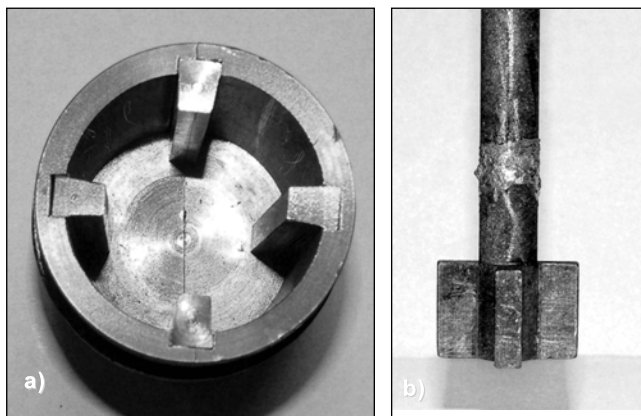
1. Bevezetés

A fémemulziók – monotektikus ötvözetek – jellemzően akkor (lennének) a

leghasznosabbak a különféle felhasználási területeken, ha az egyik fázis kisméretű, homogén eloszlású diszperziót alkot a másik fázisban (mátrix-

ban). Minél kisebb a cseppméret és minél homogénebb a cseppek eloszlása, várhatóan annál hasznosabb a monotektikus ötvözet. Ennek a követelménynek azonban a gyártás során ellentmond a két fázis közötti határfelületi energia léte (ami a cseppeket összeolvadásra készíti), illetve a fázisok sűrűségkülönbsége, ami a diszpergált fázis függőleges irányban való makroszkópikus elválásához (kiülepedéséhez) vezet, ráadásul annál nagyobb sebességgel, minél nagyobb az összeolvadó cseppek mérete. Ezekhez a hatásokhoz hozzáadódik még a határfelületi gradiens erő hatása, ami általában a nagyobb hőmérsékletű rész felé

Budai István 2002-ben végzett a Miskolci Egyetemen okleveles előkészítés-technikai mérnökként. 2009-ben PhD-fokozatot szerzett a Miskolci Egyetemen anyagtudományi területen. 2008 óta a Debreceni Egyetem Műszaki Karán dolgozik.



■ 1. ábra. a) tégely; b) keverő. A tégely belső átmérője 44 mm, mélysége 65 mm. Az áramlástörők 5 mm mélyen nyúlnak be a tégelybe. A keverő külső átmérője 22 mm, magassága 17 mm

vonzza a cseppeket, amennyiben a rendszerben hőmérséklet-gradiens van. Hőmérséklet-gradiens nélkül pedig fémolvadékot befagyasztani nem lehet, tehát ez a hatás szintén a homogén cseppeloszlás ellen hat. [1–11]. Ahhoz, hogy stabil, tömbi méretű emulziót állítsunk elő, nem elegendő a keverés, hiszen az egymásban diszpergálódó fázisok a megnövelt határfelület csökkentése céljából gyorsan rekombinálódnak, azaz két nagyméretű fázissá állnak össze. Emiatt van szükség valamilyen határfelület-aktív anyagra, amivel stabilizálni lehet az emulziót. Ez a „határfelület-aktív anyag” nem feltétlenül oldott atom vagy molekula, lehet egy harmadik fázis is, ami mikrométer vagy akár nanométer méretű szilárd szemcse formájában van jelen.

2. A keverőrendszerek és alkalmazásuk

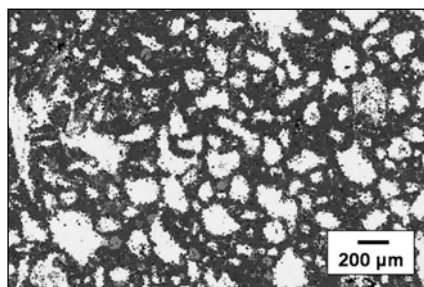
A fémemulziók előállításának lehetséges módjai a klasszikus keverési technikák és más emulziós technikák [12–14]. A megfelelő kevertégi állapot eléréséhez – a keverőrendszerek tervezése során – figyelembe kell venni az esetenként előforduló nagy sűrűségkülönbséget a két folyékony fázis között. Esetünkben a fémemulzió mátrixának: A356 Al-ötvözet + 20 v/v % SiC szemcse sűrűsége $\rho_{\text{Al-mátrix}} = 2,53 \text{ g/cm}^3$, az emulzifikálendő Bi olvadék sűrűsége $\rho_{\text{Bi}} = 9,8 \text{ g/cm}^3$. Továbbá figyelembe kell venni az emulziót stabilizáló szilárd szemcsék ülepedését is. A keverés eredményeként azt kell elérni, hogy az alkotórészek eloszlása a célszerűen megvá-

lasztott legkisebb térfogatelemben a kívánt keverési aránynak feleljen meg, azaz kialakuljanak a mátrixban a stabilizált cseppek úgy, hogy a stabilizáló szemcsék a mátrix és a cseppek közötti határfelületen helyezkedjenek el.

Az emulzió előállításához elsőként az 1. áb-

rán bemutatott, síklapátos keverőt terveztük. Ebben az esetben a keverőlapátok párhuzamosak a forgástengellyel, a jellegzetes áramlási irány tangenciális. A keverés homogenizáló hatása és a nyíróerők fokozása érdekében a tégely négy áramlástörőt tartalmaz. Az áramlástörők a tégely aljától a tetejéig érnek. A hőálló acélból készült tégely két, egymásra szimmetrikus részből áll (a forgástengely mentén haladó sík mentén ketté van vágva), ami a megszilárdult emulzió kivételét könnyíti meg.

A keveredés ellenőrzése és szimulálása érdekében, azaz hogy a keverőberendezéssel valóban létre lehet-e hozni folyékony cseppeket a folyékony mátrixban, modellkísérleteket végeztünk. A modellkísérletekben víz és 23 v/v % higany volt a két fázis. Ezeket különböző fordulatszámon, hozzáadott emulgeálószer nélkül kevertük. Azért használtuk ezeket a folyékony fázisokat, mert nagy a sűrűségkülönbségük, és jól szemléltetik a keveredési állapotot, a folyamat megfigyelése egyszerű.

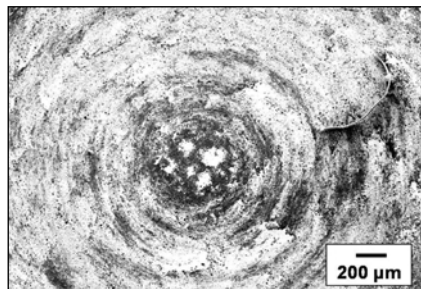


■ 2. ábra. Elektronmikroszkópos (SEM) felvétel a hosszsz metszeti csiszolat közepéről, fehér: Bi-cseppek, a mátrixban sötétszürke: Al, világosszürke: Si, stabilizáló fekete szemcsék: SiC

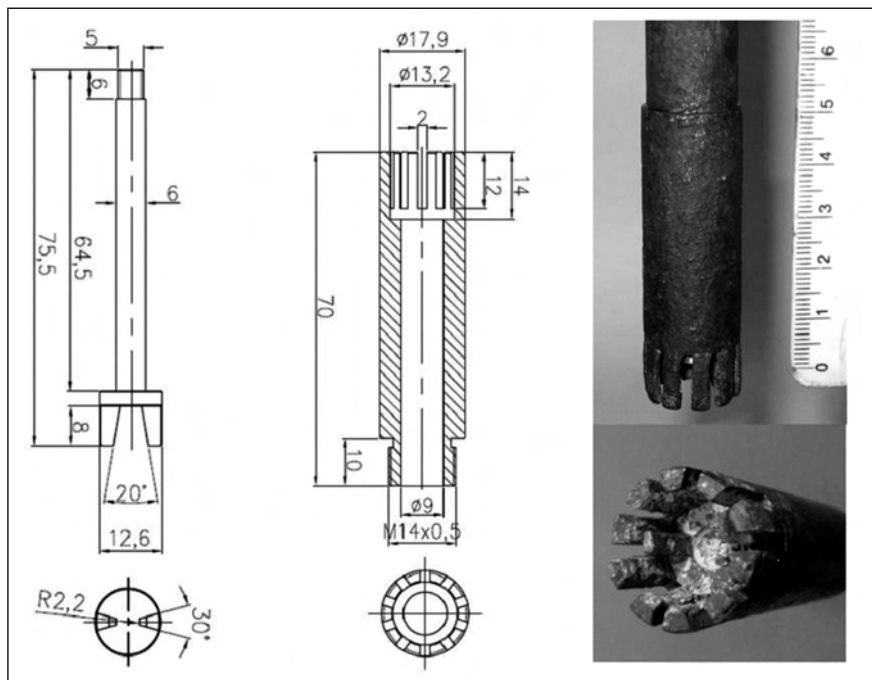
A modellkísérletek eredménye: 1000 1/min-es fordulatszámig keveredés nem volt, a higany a tégely alján maradt, csak a víz áramlását lehetett megfigyelni. 1000 1/min-es fordulatszám felett hirtelen megindult a keveredés, a higany teljes mennyisége felemelkedett a tégely aljáról. A keverés hatására egymástól elkülönült higany-cseppek jöttek létre, folyamatosan keveredtek a vízzel. Ezt a jelenséget az emulzió teljes térfogatában meg lehetett figyelni. Nagyon fontos megjegyezni, hogy a folyadékrendszer sem emulzió állapotában, sem az emulzió kialakulása előtt nem forgott körbe a tartály fala mentén, hanem az áramlástörőknek köszönhetően megfelelően keveredett. A fordulatszám fokozatos 1500 1/min-es növeléséig nem volt változás az emulziós kevertégi állapotban. A fordulatszám további növelése esetén a keveredés során levegő keveredett a rendszerbe. Az emulzió felszínén apró buborékok jelentek meg. A sebesség további növelése esetén a buborékképződés fokozódott, illetve az emulzióból apró higanycseppek repültek ki. A fordulatszám 1000 1/min alá történő csökkentésekor az emulzió azonnal szét-esett és a higany ismét a tégely aljára ült.

A modellkísérlet igazolta, hogy a kísérleti keverőrendszer alkalmas emulzió előállítására. A fentiek alapján a fémemulziók előállítási folyamatát meghatároztuk:

1. A keverőtégely térfogata 70 cm^3 , a biztonság miatt fémemulzió előállításához kb. 50 cm^3 fémötvözetet használunk. Az alapanyagok kimérése és tégelybe helyezése után a tégelyt a kemencébe tesszük szobahőmérsékleten.



■ 3. ábra. Elektronmikroszkópos (SEM) felvétel a keresztmetszeti csiszolat közepéről, fehér: Bi-cseppek, a mátrixban sötétszürke: Al, világosszürke: Si, stabilizáló fekete szemcsék: SiC



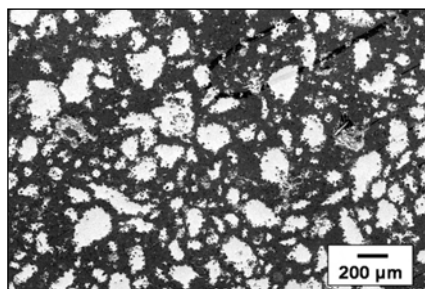
■ 4. ábra. Az emulzifikátor rajza és fényképe

2. Argon védőgáz adagolásának indítása, $Q = 0,4$ l/min. A fűtés indítása, a fűtési sebesség $v_f = 370$ °C/h. A keverési hőmérséklet $T_k = 670$ °C. A védőgáz adagolása az előállítás végéig folyamatosan történik.
3. A T_k elérése után egy óra hõn tartás. Ez biztosítja a teljes megolvadást. Ezután a keverõ beleengedése az olvadékba.
4. A keverés indítása, fordulatszám $n = 50$ 1/min. Keverési idõ $t_k = 20$ min. Ezután $n = 1100$ 1/min-re növelés. A $t_k = 5$ perc. A keverés leállítása után a keverõ kivétele az olvadékból (a kivétel kb. 30-60 sec), ezután tégely kivétele a kemencéből (ez a folyamat kb. 10-20 sec).

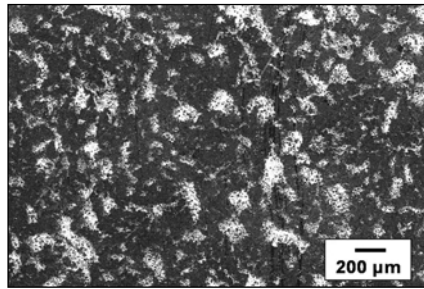
A kivétel után, kb. 1-2 percen belül az olvadék megszilárdult. Ezt úgy

állapítottuk meg, hogy nagy erővel (két kézzel) egy hõálló acélrudat próbáltunk belenyomni az olvadékba. A második percben ez nem volt lehetséges. A szobahõmérsékletre történõ spontán lehûlés után, a megszilárdult emulzióból egy kereszt- és egy hosszmetzeti csiszolat készült. A csiszolatokról szkennig elektronmikroszkóppal készûtek felvételek. A bemutatott felvételek reprezentálják a teljes keresztmetzetet. A visszazórt elektronmikroszkópos képeken a kisebb rendszámú elemek, pl. Al(13), Si(14) sötétnek; a nagy rendszámú elemek, pl. Pb(82), Bi(83) világosnak látszanak.

A bemutatott keverõrendszerrel előállított fémemulzióról készített képeket a 2. és 3. ábra szemlélteti. A hosszmetzeti csiszolat közepérõl



■ 5. ábra. Elektronmikroszkópos (SEM) felvétel a hosszmetzeti csiszolat közepérõl, fehér: Bi-cseppek, a mátrixban sötétszürke: Al, világosszürke: Si, stabilizáló fekete szemcsék: SiC



■ 6. ábra. Elektronmikroszkópos (SEM) felvétel a hosszmetzeti csiszolat aljáról, fehér: Bi-cseppek, a mátrixban sötétszürke: Al, világosszürke: Si, stabilizáló fekete szemcsék: SiC

készûlt felvételen látható a kialakult szerkezet. A stabilizáló szemcsék a mátrix és a cseppek határfelületén helyezkednek el. Tovább vizsgálva az emulzió keverõtégely aljához közel esõ részét, az emulziós szerkezet nem alakult ki. A nagy sűrűségû Bi a keverés ellenére is leülepedett a tégely aljára.

Vizsgálva a kialakult struktúra reprodukálhatóságát, kijelenthetõ, hogy az minden esetben a fent bemutatottakkal megegyezett [14–17]. Mivel a keverési módszer csak részben érte el a kitûzött célt – teljes mikroheterogén emulzióstruktúra, ezért egy új keverõrendszert terveztünk. A rendszer alapja a kolloidkémiaiban bevált emulzifikátor, más néven kolloidmalom [18]. A kolloidmalomban a rotor és a sztátor között kb. 1 mm távolság van. A kis réstávolság következtében nagy nyíróerõk keletkeznek. Az emulzifikátor további elõnye, hogy nagy fordulatszámú mûködésre képes: $n = 5000\text{--}24000$ 1/min. Ezt az elvet alkalmazva terveztük meg az új keverõrendszert, ami a 4. ábrán látható.

Ebben az esetben is végeztünk modellkísérleteket a keveredés vizsgálatára ugyanazon az elven, mint az elsõ keverõrendszer esetén. A keveredés 5000 1/min fordulatszámon megindult a higany–víz rendszerben. A fordulatszámot növelve a keveredési állapot nem figyeltünk meg változást. A modellkísérleteket áramlástörõ nélküli tégelyben is elvégeztük, vizsgálva azok szerepét nagy fordulatszámú keverés esetén. A keveredés ebben az esetben is hirtelen indult meg 5000 1/min fordulatszámon, viszont az emulzió a tégely fala mentén körbeforgott. A fordulatszám 7500-8000 1/min-re növelésével ez a jelenség megszûnt. Ezen elvek alapján az elõzõ kísérleti terv 4. pontját a következõre változtattuk, azzal a kiegészítéssel, hogy áramlástörõ beépítése nélküli tégelyt használtunk:

A T_k elérése után egy óra hõn tartás. Ezután az emulzifikátor beleengedése az olvadékba. A keverés indítása, fordulatszám $n = 10000\text{--}20000$ 1/min. Keverési idõ $t_k = 30$ mp. A keverés leállítása után a keverõ kivétele az olvadékból, ezután tégely kivétele a kemencéből.

Az eredményeket az 5. és a 6. áb-

rán mutatjuk be. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok alátámasztják, hogy a stabil emulzió nem csak a megszilárdult tömb közepén, hanem az alján is teljesen kialakult. A továbbfejlesztett keverőrendszer megakadályozta a Bi kiülepedést.

A két keverőrendszer összehasonlíthatóságának érdekében ugyanolyan összetételű fémemulziót állítottunk elő: A356 Al-ötvözet + 20 v/v % SiC szemcsék +25,4 v/v % Bi.

Összefoglalás

Az előállított tömbi méretű (40 mm átmérőjű, 35-40 mm magas) fémemulziók alapján megállapítható, hogy a normál víz/olaj-olaj/víz emulziók előállítása esetén használt keverési technikák alkalmazhatóak nagy hőmérsékleten történő fémolvadék-emulziók előállítására is. Kijelenthetjük továbbá, hogy sikeresen állítottunk elő ilyen típusú fémemulziót. A kevertségi szint növelése érdekében az emulzifikátor alkalmazása megfelelő eredménnyel járt.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4. A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti

Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] J. P. Pathak – S. N. Tiwari – S. L. Mathotra: *Metals technology* (1979) pp. 442–445.
- [2] T. Ikeda – S. Nishi – T. Yagi: *Japan Inst. Metals Vol. 50* (1986), pp. 98–107.
- [3] J. B. Andrews – A. C. Sandler – P. A. Curreri: *Metall Trans A Vol. 19A* (1988) pp. 2645–2650.
- [4] A. Mohan – V. Agarwala – S. Ray: *Z. Metallkunde Vol. 80* (1989), pp. 439–443.
- [5] Y. C. Suh – Z. H. Lee: *Scripta Metall et Materiala Vol. 33* (1995), pp. 1231–1237.
- [6] J. Z. Zhao – S. Drees – L. Ratke: *Mater. Sci. and Eng. Vol. A282* (2000), pp. 262–290.
- [7] Roósz A. – Sólyom J. – Buza G. – Kálazi Z.: *Eljárás monotektikus ötvözetből álló munkafelülettel ellátott fém munkadarabok előál-*

lítására - HU 223 610 B1 - 2004. október 28.

- [8] M. Svéda – A. Roósz – J. Sólyom – Á. Kovács – G. Buza: *Mater. Sci. Forum Vol. 414–415* (2003), pp. 147–152.
- [9] G. Kaptay: *Materials Science Forum Vol. 508* (2006), pp. 269–274.
- [10] M. Svéda – A. Roósz – G. Buza: *Mater. Sci. Forum Vol. 508–509* (2006), pp. 99–105.
- [11] Svéda M.: *Monotektikus felületi rétegek létrehozása lézersugaras felületkezeléssel. PhD-értekezés, 2007., Miskolc*
- [12] Sujatha, P. – Chatterjee, M. – Ganguli, D.: *Mat. Letters 55*, 2002., 205–210.
- [13] Becher, P.: *Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965.*
- [14] Tarján, I.: *Miskolc, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2003. 4. fejezet*
- [15] I. Budai – G. Kaptay: *Metall. Mater Trans A. 40A* (2009) 1524–1528.
- [16] I. Budai – G. Kaptay: *J. Mater. Sci. 45* (2010) 2090–2098.
- [17] I. Budai – G. Kaptay: *Intermetallics, 19* (2011) 423–425.
- [18] B. P. Binks – A. Rocher: *J. Colloid Interface Sci. 335* (2009) 94–104.

KONCZ-HORVÁTH DÁNIEL – GÁCSI ZOLTÁN

Az energiadisziperzív röntgenfluoreszcens spektrometria alkalmazhatósága elemanalitikai feladatokra

A röntgenfluoreszcens (röviden XRF) analízis egy roncsolásmentes eljárás különböző anyagok fémes és nemfémes alkotóinak vizsgálatára, melynek számos előnye van (gyorsaság, több elem egyidejű vizsgálata, pontosság és precizitás, valamint a minimális minta-előkészítés). Az XRF felhasználása széleskörű, a hordozható készülékek kialakítása pedig új előnyökkel járt. Elektronikai alkatrészek és termékek RoHS (irányelv a veszélyes anyagok korlátozásáról) szerinti megfelelésének vizsgálatára a legjobb megoldás a gyors monitorozás lehetőségének köszönhetően. Emellett alkalmas lehet ötvözetek azonosítására, vagy akár talajszennyezettség mérésére is. Méréseinket ólommentes ötvözetek ólomtartalmának (ppm szintű) kimutatására és az ötvözőelemek mennyiségének vizsgálatára használtuk. Méréseinket a rendelkezésünkre bocsátott energiadisziperzív Fischerscope XDAL típusú asztali berendezéssel végeztük.

Bevezetés

A röntgensugaras elemanalízis mint tudományterület a XX. század elején indult dinamikus fejlődésnek, számos felfedezésnek (pl. H. G. J. Moseley törvényének, 1913-ban) köszönhetően [1]. A fluoreszcens analízis esetében a primer sugarakkal keltett másodlagos (fluoreszcens) sugárzás hasznosul, melynek analitikai célra történő alkalmazása (1932) egy kémiai Nobel-díjas magyar tudós, Hevesy György nevéhez fűződik. Az eljárás előnyei sokáig kiaknázatlanok marad-

tak, majd az utóbbi 30-40 évben dinamikus fejlődésnek indult, köszönhetően az anyagtudományi kutatások legújabb eredményeinek, valamint a módszerhez szükséges számítási modellek (matematikai korrekciók) megalkotásának is. Az eszközök fejlesztése pedig már lehetőséget adott arra, hogy az ipar is hatékonyan alkalmazza e tudományág eredményeit.

A röntgenfluoreszcencia készülékek ma már számtalan konfigurációban megvásárolhatók. Az egyszerűbbtől a legdrágábbig azonban mindegyikben közös, hogy tartalmaznak röntgensugárzást létrehozó forrást, detektort, jelefeldolgozó rendszert és vezérlő egységet. A detektálást – melyet többnyire valamilyen félvezető detektorral valósítanak meg – a detektor hatékonyságával, illetve annak felbontóképességével szokták jellemezni. A legújabb analizátorok akár több detektorral, emellett pedig változtatható mérési geometriával is rendelkeznek. A berendezések kialakítása (asztali vagy hordozható) a fejlesztéseknek köszönhetően egyre inkább a mérési feladat jellegéhez (pl. terepen történő vizsgálat) igazodik. A ma beszerezhető hordozható XRF-készülékek ugyanis az adott célnak megfelelő gerjesztő forrással, nagy felbontású detektorral és változtatható méretű kollimátorral rendelkeznek. A szoftvereik többnyire az alapvető paraméterek módszerén alapul. A legfőbb hátrányuk az asztali berendezésekkel összehasonlítva a rosszabb ismételhetőség, hiszen ha nincs fix (vagy vezérelhető) tárgyasztal, akkor nehezen jelölhető ki pontosan ugyanaz a terület. Fontos azonban megemlíteni, hogy kis rendszámú elemek (pl. $Z < 15$) vizsgálatához vákuum használata ajánlott, amit inkább az asztali készüléknél lehet biztosítani. *Hernandez és*

társai [2] statisztikai összehasonlítást végeztek, míg *Reilly* [3] és *Willis* [4] gyakorlati szempontokat fogalmaztak meg a választás megkönnyítéséhez.

A módszer elméleti háttere

Röntgensugárzás többféle mechanizmussal is létrejöhet, így akár az atomok elektronhéjaiban végbemenő folyamatokkal vagy éppen töltött részecskék mozgási energiájának jelentős megváltoztatásával. Röntgensugárzást idézhetünk elő akkor is, ha az atom belső héjainak egyikéről elektront távolítunk el. Ehhez megfelelő gerjesztőképességű energiaforrásra (pl. nagy sebességű elektronra, nagy energiájú fotonra) van szükségünk, melynek segítségével a kisebb energiájú héjak valamelyikén elektronhiányt hozhatunk létre. Ennek hatására egy nagyobb energiájú szintről elektronátmenettel pótlódik az eltávolított elektron, a keletkezett energiakülönbség pedig röntgenfoton formájában távozik. Az energiaszintek közötti átmenetek az adott atomra jellemző sugárzás létrejöttét eredményezik, ezért ezt karakterisztikus röntgensugárzásnak is nevezik. A belső elektronhéj ionizációját egyébként iongerjesztéssel (Particle Induced X-Ray Emission, azaz részecske indukált röntgenemisszióval), vagy például az elektronmikroszkópokban az elektronok energiáját felhasználva (elektron-sugaras mikroanalízissel, angol elnevezéssel Electron Probe Micro Analysis) is elérhetjük. A röntgenfoton energiáját az elektronátmenet energiakülönbsége határozza meg, amely az atommag töltésének jellemzői közül a protonok számától (vagyis a rendszámától) függ. Erre a felfedezésre H. G. J. Moseley 1913-ban az elemek röntgenszínképének vizsgálata során jött rá, amikor összefüggést mutatott ki a röntgensugárzás frekvenciája és a kibocsátó elem rendszáma között. Ez az ún. Moseley-törvény kimondja, hogy különböző atomok ugyanolyan átmenetéből keletkező röntgensugárzás frekvenciájának a gyöke arányos az elem rendszámával. Képlettel kifejezve:

$$E_K = \frac{3}{4} R h c (Z - \sigma)^2 \quad (1)$$

ahol E_K a Z rendszámú elem K vona-

lának energiája, R a Rydberg-állandó, h a Planck-állandó, c a fénysebesség, míg σ az árnyékolási tényezőt jelöli [5].

A fluoreszcencia analízis során a vizsgált elem rendszáma a karakterisztikus foton energiájának (energia-diszperzív) vagy hullámhosszának (hullámhossz-diszperzív) vizsgálatával meghatározható. Utóbbi módszer előnye, hogy a spektrumban a csúcsok jobban szétválaszthatók, így a módszer specifikussága jobb (a felbontása 5-20 eV vagy ennél kisebb is lehet). Ugyanakkor a detektálási határfoka általában rosszabb, így a gerjesztő forrásnak intenzívebbnek kell lennie az energiadiszperzív rendszeréhez képest.

A spektrumok kiértékelésének összetettsége miatt a másodlagos gerjesztés szerepét *Sherman* [6] részletesen is megvizsgálta, így publikációjában a mátrixhatás nagyságát az elemek nettó intenzitásértékeinek kiszámításával vette figyelembe. Az eljárás továbbfejlesztésével született az alapvető paraméterek (Fundamental Parameter) módszere, amelynél a minta elemeinek koncentrációit a mért és számított értékek közelítésével, vagyis egy iterálási folyamat segítségével kapjuk. A módszer nevében szereplő alapvető paraméterek előre meghatározott értékeket is tartalmaznak, így például tömegabszorpciós együtthatókat, fluoreszcencia hozamot vagy abszorpciós él ugrási viszonyokat. A kvantitatív elemzést az is segíti, hogy ismerjük az intenzitások nagyságát tiszta elem mintákban, melyeket a mérendő elem esetén összehasonlítunk az elemzendő mintában mért intenzitással. Az analízishez lehetőleg olyan gerjesztési feszültséget célszerű alkalmazni, amely a mintában lévő elemek mindegyikét gerjeszti, azonban nagyobb rendszámú elemek esetén előfordulhat, hogy egyes vonalak (pl. a K -vonal) még így sem jelennek meg a spektrumon (a maximális üzemi feszültség általában 50-65 kV röntgensőves gerjesztés esetén).

Teljesítményjellemzők vizsgálata

Amennyiben analitikai eljárásra van szükségünk egy kérdés megválaszolásához, úgy tisztában kell lennünk annak alkalmazhatósági, azaz teljesítményjellemzőivel. Ennek megfelelően

Koncz-Horváth Dániel 2006-ban szerezte kohómérnöki oklevelét a Miskolci Egyetemen. PhD-tanulmányait a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolában végezte, 2009-ben abszolutóriumot szerzett. Kutatási területe az ólommentes elektronikai forráskötések tulajdonságainak vizsgálata. Jelenleg tudományos segédmunkatársként tevékenykedik a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben.

Gácsai Zoltán szakmai életrajzát 2012/3. számunkban közzétettük.

több ilyen mutatót is megvizsgálhatunk, melyek közül általában az érzékenység, stabilitás, ismételhetőség, reprodukálhatóság, kimutatási határ vagy éppen a méréstartomány a legfontosabb. Ha az analitikai eljárást minőségirányítási elveknek megfelelően szeretnénk használni, az említett jellemzőket nemzetközi szabványok szerint kell kezelünk, az előírásokat betartva pedig kialakíthatjuk a helyes laboratóriumi gyakorlatot (Good Laboratory Practice-t, röviden GLP-t). *Álvarez* és társai [7] részletesen bemutatják az energiadiszperzív röntgen-fluoreszcens analízisre a módszer validálásának folyamatát, az akkor érvényben lévő ISO 17025:2005 szabványnak megfelelően. Elsősorban laborok számára kívántak gyakorlati útmutatást adni az analitikai teljesítőképesség vizsgálatának részletes bemutatásával, beleértve a lehetséges akadályokat is. A cikkben kiemelik a megfelelő kalibráció szükségességét (berendezés, energia, érzékenység kalibráció) az alkalmazott referenciaminták típusának megválasztásával (pl. tiszta elem fóliák használata). Számításba veszik a kísérleti körülmények okozta hatásokat (gerjesztő forrás, detektor hatékonyság, geometria), ugyanakkor hangsúlyozzák az elméleti modell kiválasztásának fontosságát. A mérés bizonytalanságának meghatározására ismertetik a főbb lépéseket, valamint halszála (ok-okozat) diagramon összegzik is a meghatározásához szükséges tényezőket. Végül a rendszeres, belső minőségellenőrzés (angolul Internal Quality Control) részleteit is bemutatják, melyhez egy statisztikai ellenőrzési rendszer is szükséges, beleértve a referenciaanyagok és vakminták vizsgálatát, illetve stabilitás tesztek végrehajtását.

A mérési bizonytalanság meghatározására *Scapin* és társai [8] publikációjában is láthatunk példát, ahogyan azt a hullámhossz- és energiadiszperzív technikák összehasonlításakor kiszámították. A mérés precizitását az ismételhetőséggel jellemzik, és ennek értékét használják fel a relatív szórás

(RSD%) kiszámításakor is. *Markowicz* [9] arra hívja fel a figyelmet, hogy a megbízható eredmények érdekében különös figyelmet kell fordítani a mintavételre, a minta-előkészítésre és a mérés paramétereinek megválasztására, hiszen ezek jelentős hibát eredményezhetnek. *Tomoya* [10] a precizitást és pontosságot a röntgenfluoreszcens analízis esetében elsősorban a helyesen alkalmazott korrekciók szükségességével hozza összefüggésbe, de számításba veszi a felület előkészítésének és a minta inhomogenitásának szerepét is. A cikk alapján a mennyiségi meghatározásoknál a röntgensugarak intenzitásának statisztikai fluktuációjával (amely összhangban van a beütések Gauss-eloszlásával) számolni kell. *Erre Billigiri* [11] a mérés idejét tekintve legfőbb tényezőnek, utalva arra, hogy egy szabadalommal védett statisztikai kiértékelő rendszer alapján automatikusan megállítható a mérés, amint a megfelelő precizitást elérjük. *Hernandez* és társai [2] különböző XRF-készülékekkel vizsgálták ugyanazon mintákat azzal a céllal, hogy egy külső labor eredményeit is felhasználva a készülékek analitikai teljesítőképességét összehasonlítsák. A tesztekhez és az eredmények kiértékeléséhez 6-szigmás¹ statisztikai eljárásokat használtak, így például a C_p mutató kiszámításához (melynél a szórásarányt fejezzük ki, normális eloszlást feltételezve). Ennek pozícióját a valódi és a mért értékek, valamint a szórások figyelembevételével kiszámított alsó (Lower Specification Limit, LSL) és felső (Upper Specification Limit, USL) specifikációs határok alapján határozhatjuk meg (2. egyenlet), ahol X a valódi érték, x a mért érték, S a vakmintával meghatározott szórás, s pedig a mérések tapasztalati szórása. Fontos,

hogy a két érték (alsó és felső) közül mindig a kisebbet kell figyelembe venni.

$$C_{pKL} = \frac{[x - (X - 3S)]}{3s} \text{ és}$$

$$C_{pKU} = \frac{[(X + 3S) - x]}{3s} \quad (2)$$

Elektronikai gyártók számára definiált specifikációs határ az IEC 62321 (111/24/CD) szabványban is szerepel, ez alapján kell az ólomtartalmat (3. egyenlet) is felügyelni. A P (passed, azaz átment) és az F (failed, azaz megbukott) egy átmeneti tartományt is kijelöl, így ha az eredmény ebbe a sávba esik, akkor szükség van egy megbízhatóbb analitikai eljárásra (1. táblázat).

$$P \leq (700 - 3\sigma) < X < (1300 + 3\sigma) \leq F \quad (3)$$

Az 1. táblázat alapján szűrésre az XRF-módszer ajánlott, míg ellenőrzésre az atomabszorpciós spektrometria (Atomic Absorption Spectrometry, AAS), a tömegspektrometriás detektorral csatolt gázkromatográfia (Gas Chromatography – Mass Spectrometry, GC-MS), a nagyhatékonyságú folyadékromatográfia (High Performance Liquid Chromatography, HPLC), illetve az induktív csatolású plazma atomemissziós spektroszkópia (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry, ICP-AES).

Egy gyártóüzem számára tehát nélkülözhetetlen, hogy megfelelő precizitással tudja a nyomalkotókat meghatározni, hiszen az ólom esetében is látható, hogy igen szűk az elfogadási határ, ha figyelembe vesszük a kimutatási határt is.

1. táblázat. Veszélyes anyagok kimutatására ajánlott módszerek

Anyag	RoHS* határérték, %	Szűrés és ellenőrzés
Pb	0,1	XRF ill. ICP-AES, AAS
Cd	0,01	XRF ill. ICP-AES, AAS
Hg	0,1	XRF ill. ICP-AES, AAS
Cr6+	0,1	XRF (teljes Cr) ill. ICP-AES, GC-MS, UV
PBB és PBDE	0,1	XRF (teljes Br) ill. ICP-AES, GC-MS, HPLC-UV

*Restriction of Hazardous Substances (azaz a veszélyes anyagok korlátozása)

¹A Six Sigma elsősorban egy vállalati belső szabályozó/minőségjavító rendszer, mely a gyakorlati probléma statisztikai problémává történő átalakításával segíthet megtalálni az optimális megoldást.

2. táblázat. Az ólomtartalom-mérés jellemzése folyamatképeségi mutatóval

C _p mutató	0,007% Pb-tartalmú minta			0,088% Pb-tartalmú minta		
	TE	ME60	ME180	TE	ME60	ME180
C _{pkU}	-0,24	0,22	0,67	-0,40	0,30	0,35
C _{pkL}	2,26	0,38	1,22	1,34	0,22	0,70

Megjegyzés: Sn-3,0%Ag-0,5%Cu minták esetén, különböző ólomszennyezettséggel

3. táblázat. Arany-ezüst-réz ötvözetekhez tartozó etalonsorozat

c _{Au} , wt%	I _{Au}	c _{Ag} , wt%	I _{Ag}	c _{Cu} , wt%	I _{Cu}	M	ΣI
33,3	11695	42,1	145389	22,1	7679	97,5	164763
60,7	33053	13,6	70610	25,6	12885	99,9	116548
75,7	35777	19,8	85681	4,3	3520	99,8	124978
90,9	55151	0	0	8,9	6239	99,8	61390
91,5	48877	8,5	46350	0	0	100,0	95227
99,0	60567	0	0	0,85	750	99,9	61317

Kalibráció választás

Ahhoz, hogy a kalibrációt megfelelően végezzük el, tisztában kell lennünk a munkatartománnyal, azaz a vizsgálni kívánt elem koncentrációjának nagyságával. Nyomalkotó meghatározásához célszerűbb a mátrixhoz minél közelebbi összetételű hitelesített anyagmintákkal elvégezni a kalibrációt, míg mellékalkotók mérésekor a tiszta elemes kalibráció is elegendő lehet. Tapasztalataink szerint a tiszta elemes mérés során – főleg 0,1% alatti koncentrációk esetén – szignifikáns, rendszeres (és nem korrigált) zavaró hatás tapasztalható. Ezt többek között a kimutatási határ kiszámításával (pl. Záray [12] definíciója alapján), szórástandardizálással, valamint a folyamatképeségi mutatók (2. táblázat) összehasonlításából állapítottuk meg (TE: tiszta elemes, ME: multielemes 60 és 180 másodperces kalibrációval).

Emellett a szelektivitást is érdemes megvizsgálni, amit a mérési adatok birtokában egy egyszerű korrelációs koefficiens-számítással ellenőrizhetünk. Sn-3,5%Ag-0,5%Cu minták ólomtartalmának meghatározásakor megfigyeltük, hogy a tiszta elemes kalibrációnál a réz és az ólom mért koncentrációi között közepesnél erősebb (azaz szoros) kapcsolat volt (1. ábra). Amennyiben koefficiens-számítással a minta ólomtartalmának homogenitását is ellenőrizzük, akkor megállapíthatjuk, hogy a hiteles anyagminta – multielemes kalibrációt alkalmazva – valóban homogén (a koefficiens értéke itt pontosan 0).

Csúcsarányok módszerének alkalmazása

A csúcsarányok módszerének előnye, hogy az eredetileg Milazzo és Cicardi [13] által publikált összefüggés olyan egyenletrendszerre alakítható, ahol az intenzitások hányadosait képezve az abszorpciós és geometriai tényezőkkel egyszerűsíteni lehet, és az így kapott kalibrációs görbék pedig lineáris egyeneseknek tekinthetők. Egy háromalkotós ötvözetre ez az összefüggés (a geometriai tényező nélkül) a következőképpen írható fel ([14] alapján), ahol c_{Me} az ötvözet alkotójának koncentrációját, I_{Me} az alkotó elem intenzitását, μ_{Me} pedig az abszorpciós tényezőt jelöli (4–6. egyenletek):

Az s index a referenciaanyagra, m pedig a mintára utal. Az M értéke az ötvözet alkotóinak összegét mutatja. Sándor [14] publikációjában egy Au-Ag-Cu ötvözethez használt etalonsorozatra láthatjuk a számításokhoz szükséges adatokat (3. táblázat).

A pontok illeszkedését (2. ábra) és a koncentrációszámítás különbségeit megvizsgálva azonban szükségesnek tartottunk egy optimalizálást, amellyel a kalibrációs egyenes illesztésének hibáját minimalizálhatjuk. Mivel az egyenletrendszer paraméterei algoritmus segítségével is kiszámíthatók, így a számításokkal arra törekedtünk, hogy az etalonsorozat mintáira az eltérések abszolút értékeinek lehető legkisebb összegét kapjuk. Az optimalizáláshoz véletlent használó eljárást választottunk, abból is a bináris műveletekre alapozott genetikus algoritmust².

Az algoritmus programozását MATLAB környezetben, parancssorosan valósítottuk meg. Az algoritmust 10-szer futtattuk, ezek közül választottuk ki a legjobb eredményt. Az így kapott meredekség és metszet értékekkel az optimalizált kalibrációs egyenesek

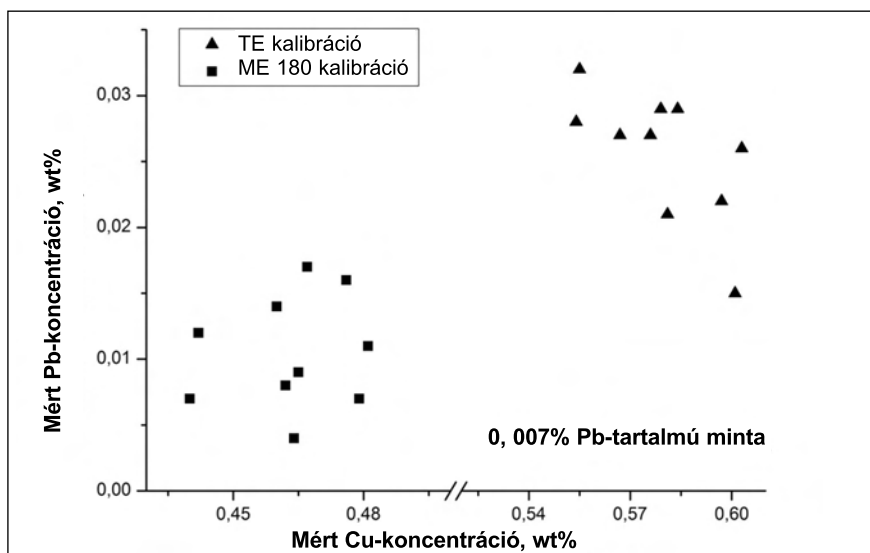
$$\frac{c_{Me2}^m/c_{Me1}^m}{c_{Me2}^s/c_{Me1}^s} = \frac{I_{Me2}^m/I_{Me1}^m}{I_{Me2}^s/I_{Me1}^s} \cdot \frac{\mu_{Me2}^m(E_{Me2})/\mu_{Me1}^m(E_{Me1})}{\mu_{Me2}^s(E_{Me2})/\mu_{Me1}^s(E_{Me1})} \quad (4)$$

$$\frac{c_{Me3}^m/c_{Me1}^m}{c_{Me3}^s/c_{Me1}^s} = \frac{I_{Me3}^m/I_{Me1}^m}{I_{Me3}^s/I_{Me1}^s} \cdot \frac{\mu_{Me3}^m(E_{Me3})/\mu_{Me1}^m(E_{Me1})}{\mu_{Me3}^s(E_{Me3})/\mu_{Me1}^s(E_{Me1})} \quad (5)$$

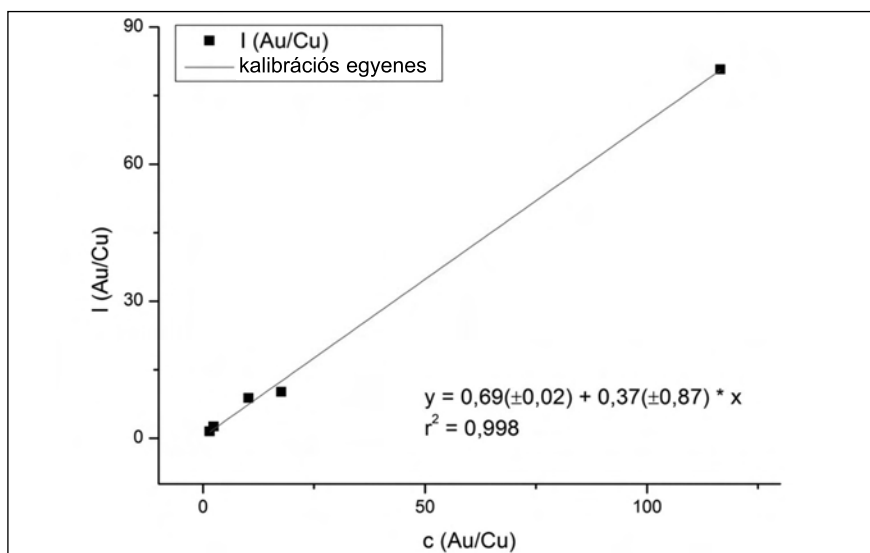
$$c_{Me1} + c_{Me2} + c_{Me3} = M \quad (6)$$

4. táblázat. Etalonsorozat összetételének számítása optimalizált paraméterekkel

#	Au, Δwt%		Ag, Δwt%		Cu, Δwt%		Σ, Δwt%	
	illesztett	GA opt.	illesztett	GA opt.	illesztett	GA opt.	illesztett	GA opt.
1	-3,77	0,99	10,63	-1,28	-4,45	-2,11	18,86	4,38
2	4,50	-0,93	0,65	-0,62	-5,15	1,55	10,30	3,09
3	0,16	1,45	-1,09	0,60	1,03	-2,15	2,27	4,20
4	1,49	0,12	0,00	0,00	-1,39	-0,22	2,89	0,34
5	-0,17	0,88	0,07	-0,78	0,00	0,00	0,24	1,66
6	0,05	0,14	0,00	0,00	0,00	-0,19	0,05	0,34
Σ	10,15	4,52	12,43	3,28	12,03	6,22	34,61	14,02



1. ábra. A mért Cu- és Pb-koncentrációk közötti kapcsolat szorosságának ábrázolása



2. ábra. Csúcsarány módszerrel meghatározott kalibrációs egyenes

² A genetikus algoritmus (GA) első alkalmazása John Holland [15] nevéhez fűződik, aki olyan mesterséges rendszert hozott létre, amely a természetben található öröklődés folyamatát modellezi. A populációt (vagy megoldások halmazát) kromoszómák alkotják (bináris sztringek), míg a gének (bitek) a kiválasztás és keresztezés során öröklődnek. A folyamatot egy célfüggvény segíti, amely alapján az egyedek súlyozhatók a kiválasztásuk valószínűségének elősegítésével [16]. A genetikus algoritmus kémiai alkalmazásokban történő használatosságáról egyébként Leardi [17] közöl áttekintő cikket.

egyenletei a következők voltak (7–8. egyenletek):

$$\frac{I_{Au}}{I_{Ag}} = 0,108 \cdot \frac{c_{Au}}{c_{Ag}} \quad (7)$$

$$\frac{I_{Au}}{I_{Cu}} = 0,849 \cdot \frac{c_{Au}}{c_{Cu}} + 0,39 \quad (8)$$

A referenciaanyagok összetétele és a számított koncentrációk közötti különbségeket a 4. táblázat tartalmazza. A táblázatból látható, hogy az optimalizáló eljárás sikeres volt. Fontos megjegyezni, hogy jól megválasztott összetételek (egy adott koncentrációtartományban) esetén előfordulhat, hogy egy optimalizáló illesztés nem eredményez jobb paramétereket.

Rétegvastagság-mérés lehetősége

A karakterisztikus sugárzás jelenségén alapuló rétegvastagság-meghatározást gyakran az alapvető paraméterek módszerére alapozzák, vagyis itérálással segítik a számítást. Ahhoz, hogy a folyamat (vagy modell) alkalmazható legyen, néhány feltételnek itt is teljesülnie kell, így például a minta teljes rétegvastagsága kisebb legyen a detektor és a minta távolságánál, de a primer sugarak párhuzamossága is fontos követelmény [18]. A módszernek számos előnye van, ugyanakkor az alapvető paraméterek módszerével történő méréshez ismernünk kell a rétegrendeket az alkotó elemekkel együtt. A rétegek definiálása során találkozhatunk azzal a problémával, hogy két egymást követő rétegben is megtalálható ugyanaz az elem, amely így nem határozható meg egyértelműen. Tapasztalataink alapján akár 0,1 μm pontosságú rétegvastagság-mérés is lehetséges, a pontatlanságot többek között a kis rendszámú ele-

mek különböző mennyisége is okozhatja (pl. a foszfortartalom egy kémiai nikkkelré-tegben). A rétegvastagság-mérés határait a minta összetétele jelentősen befolyásolja, így ezzel a gyakorlatban mindenképp számolni kell.

Összegzés

A röntgenfluoreszcens analízis fejlődése lehetővé tette a módszer mindennapi használatát a kutatásban és termelésben egyaránt, így például az ólomtartalom monitorozását ólommentes forrasztóvezetékben. Azt tapasztaltuk, hogy 0,1% alatti koncentrációk meghatározásakor a tiszta elemes kalibrációt alkalmazva rendszeres szignifikáns zavaró hatás tapasztalható a mérési eredményekben. A folyamatképességi mutatók kiszámításával is jól látható különbségeket kaptunk a kalibrációk eredményei között. Ennek ellenére a berendezés validált eszközzé is válhat (erre találhatunk publikációkat is), amennyiben a megfelelő kalibráció elvégzése után a teljesítményjellemzők vizsgálata ezt alátámasztja. Ugyanakkor a tiszta elemes kalibráció előnyös lehet a mellékalkotók analíziséhez, valamint rétegvastagság-méréshez (amennyiben a szoftver ezt lehetővé teszi) a korrekciók figyelembevételével. Multi-elemes kalibráció esetén a referenciamentes összetételének kiválasztását segítheti a csúcsarány módszer (amellyel a bemutatott példán keresztül koncentrációt is számíthatunk), így akár szimulált spektrumokból kapott adatok alapján is elvégezhető egy kalibrációs egyenes illesztésének előzetes vizsgálata. Felhasználási céltól függően vannak különbségek a készülékek kialakításában, ezért egy asztali spektrométernél a mérések ismételhetősége döntő szempont lehet.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-

0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Clark, L. G.: Applied X-Rays, McGraw-Hill, London, 1955
- [2] Hernandez, H. R. M. – Alva, R. V. E. – Feng, Z. J. – Ofenboeck, J. – Kurwa M.: X-Ray fluorescence equipment and materials characterization for RoHS compliances: an evaluation of five systems showed broad performance differences, Flextronics International Inc., Mexico, 2007
- [3] Reilly, F.: XRF for Film Thickness Measurement: Pros. vs. Cons of Common Configurations, Metal Finishing, Vol. 105 (2007), Issue 10, pp. 496–500
- [4] Willis, B.: Testing for RoHS compliance in production, Global SMT&Packaging, Vol. 7 (2007), No. 9, pp. 4–8
- [5] Osán J. – Kurunczi S. – Török Sz. – Varga I.: Röntgenfluoreszcens spektrometria, 9. fejezet Záray Gy.: Az elemanalitika korszerű módszerei c. könyvében, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006
- [6] Sherman, J.: The Theoretical Derivation of Fluorescent X-Ray Intensities From Mixtures, Spectrochimica Acta, Vol. 7 (1955), Issue 1, pp. 283–306
- [7] Alvarez, R. P. – Markowicz, A. – Wegrzynek, D. – Cano, E., C. – Bamford, S. A. – Torres, D. H.: Quality management and method validation in EDXRF analysis, X-Ray Spectrometry, Vol. 36 (2007), pp. 27–34
- [8] Scapin, M. A. – Salvador, V. L. R. – Cotrim, M. E. B. – Pires, M. A. F. – Sato, I. M.: Uncertainty measurement of WDXRF and EDXRF techniques for the Si and U total determination in U3Si2 nuclear fuel, Journal of Radio-analytical and Nuclear Chemistry, 287(2011):807–811
- [9] Markowicz, A.: An overview of quantification methods in energy-dispersive X-ray fluorescence analysis, Pramana Journal of Physics, Vol. 76 (2011), No. 2, pp. 321–329
- [10] Tomoya, A.: Analytical precision and accuracy in X-ray fluorescence analysis, The Rigaku Journal, Vol. 21 (2004), No. 2, pp. 26–38
- [11] Biligiri, S.: RoHS screening via XRF technology: A guideline to selecting systems, Metal Finishing, Vol. 105 (2007), Issue 4, pp. 33–36
- [12] Záray Gy. – Tatár E.: Környezet-minősítés, Typotex kiadó, Budapest, 2012
- [13] Milazzo, M. – Cicardi, C.: Simple Methods for Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis of Ancient Metal Objects of Archeological Interest, X-Ray Spectrometry, Vol. 26 (1997), Issue 4, pp. 211–216
- [14] Sándor Zs.: A röntgenfluoreszcenciás elemanalitikai módszerek alkalmazása régészeti és környezeti minták összetételének meghatározására, PhD-értekezés, BME Kémiai Technológia Tanszék, Budapest, 2005
- [15] Holland, J.: Adaptation in Natural and Artificial System, The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, 1975
- [16] Álmos A. – Győri S. – Horváth G. – Várkonyiné K. A.: Genetikus Algoritmusok, Typotex Kiadó, Budapest, 2002
- [17] Leardi, R.: Genetic algorithms in chemistry, Journal of Chromatography A 1158 (2007) pp. 226–233
- [18] Röbiger, V. – Nensel, B.: Analyse von Schichtdicken mit Röntgenfluoreszenz, Jahrbuch Oberflächentechnik, Leuze Verlag, Bad Saulgau, (2004) pp. 195–225

Őn tűkristályképződés az elektronikai iparban. Kutatási lehetőségek korrelatív mikroszkópia segítségével

Irodalmi áttekintésünkben információkat foglaltunk össze az őn tűkristály (whisker) növekedés problémájával kapcsolatos megfigyelésekről. A kutatások az ólommentes bevonatokban és csatlakozásokban 1946-tól egészen napjainkig zajlanak. Cikkünkben kitértünk a tűkristályképződés okaira, lehetséges mechanizmusaira és hajtóerőire, valamint a képződést megelőző stratégiákra. Részletesen leírtuk, hogy egyes ötvözőelemek (például Bi, Cu, Ag, Ge, Ce, Zn, La, Y, Nd stb.) az ólommentes forrasztóanyagokban és bevonatokban milyen hatással vannak a tűkristályképződésre, van-e mérséklő hatásuk, esetleg erősítik-e ezt a folyamatot. A korábbi szakirodalmakból már jól ismert, hogy az őn tűkristályok képződését és növekedését mechanikai feszültség idézi elő [1]. Éppen ezért kutattunk olyan vizsgálati lehetőségeket, amelyek használata esetén az őnbevonatban maradó feszültség jön létre. Ebből a célból kidolgoztunk egy saját mérési módszert, hogy a mechanikai feszültség és a terhelési idők hatását a tűkristályképződésre megvizsgálhassuk. Végül a korrelatív mikroszkópia módszerével (optikai- és elektronmikroszkóp együttes használata a vizsgálatokban) bemutattunk egy időtakarékos lehetőséget a tűkristályképződés folyamatának vizsgálatára.

Bevezetés

Az Európai Unióban 2006-ban hatályba lépett RoHS-direktíva (Restriction of Hazardous Substances, veszélyes anyagok korlátozása) komoly kihívást jelentett az elektronikai ipar számára, ugyanis korlátozták néhány anyag felhasználását a gyártás során (Pb, Hg, Cd, Cr⁶⁺ és két égésgátló anyag: PBB és PBDE). Jelen cikkünkben azt kívánjuk bemutatni, hogy – az irányelv által betiltott anyagok közül – az ólom felhasználásának korlátozása milyen új problémát teremtett az ipari szakemberek számára. Mechanikai feszültség hatására a tiszta ónnal bevont csatlakozófelületeken az őn tűkristály képződése figyelhető meg. A tűkristály a definíció szerint a felületi rétegből induló kristályos kitörés, amelynek átmérője 0,3 és 20 mikrométer között, hosszúsága pedig 1-2000 mikrométer között változik. Alakja lehet egyenes, megtört, vagy íves. Az irodalom megnevez

egyéb formájú tűkristályokat is (virág, vulkán, extrudált), azonban az elektronikai ipar számára a legveszélyesebb a hosszú, egyenes alakú tűkristály. Ez azért jelentős gond, mivel hosszú és elektromosan vezető kristályok képződnek, amelyek a kisméretű elektronikai alkatrészekben rövidzárlatot okozhatnak, ami megzavarja a berendezés működését, sőt tönkre is teheti azt. Az RoHS-direktíva viszonylag új, ennek ellenére a tűkristályképződés kutatása egészen 1946-ig nyúlik vissza, így az ólomötvöző tiltása a 2000-es évek elején nem a kezdetét jelentette a tűkristállyal kapcsolatos kutatásoknak, hanem új lendületet adott nekik. A következőkben ezeknek a kutatásoknak a fejlődését fogjuk áttekinteni, és megosztjuk tapasztalatainkat a csatlakozási folyamat szimulációjával kapcsolatban.

A tűkristályképződés felfedezése és vizsgálati lehetőségei

A cikknek ebben a részében kívánjuk bemutatni az őn tűkristállyal kapcsolatos kutatásokat a II. világháború végétől egészen 1998-ig [1]. Az ólom

felhasználása az előírások miatt az elektronikai iparban háttérbe szorult, pedig felhasználásával a tűkristályképződés megelőzhető lenne. Ennek hiányában azonban újabb megoldásokra van szükség, amelyekkel csökkenthető ez a kockázat. Magára a jelenségre a tudományos világ a II. világháború után figyelt fel, kadmiummal galvanizált elektronikus alkatrészekben, pontosabban kondenzátorok előállítása során. A kadmium egyike azon fémeknek, amelyek hajlamosak a tűkristályképződésre. A tűkristályok egy idő után elég hosszúak lettek ahhoz, hogy rövidre zárják a kondenzátorlemezeket. Ezt a jelenséget először H. L. Cobb figyelte meg 1946-ban [1].

1948-ban a Bell Telefon Társaság olyan hibákat tapasztalt a távvezetékvonalain, amelyeket kadmium tűkristályok okoztak. Miután ez kiderült, a Bell Laboratórium azonnal hosszú távú vizsgálatokat kezdeményezett a tűkristályképződésről, amelyeknek az eredményeit 1951-ben publikálták (K. G. Compton, A. Mendizza és S. M. Arnold). Megállapították, hogy nem csak a galvanizált kadmium okozhat spontán tűkristály-növekedést, hanem a galvanizált őn, illetve cink is [1].

1962-ben V. K. Glazunova 15 MPa feszültséggel terhelte a mintadarabot, azonban csak 2,3 Å/s növekedési sebességet tapasztalt [1]. Pitt és Henning megnövelte ezt a feszültséget 55,15 MPa-ra, és már 593 Å/s növekedési sebességet mért. Ezen kívül megállapították, hogy a növekedés sebessége az idő előrehaladásával folyamatosan csökken, ami éles ellentétben állt a korábbi lineáris növekedési sebesség elméleti modellel [1].

Tu 1973-ban megjelent cikkében [1], kvarc alaprétgre vákuumtechnikai eljárással réz és őn filmrétegeket vitt fel. Az őnt a rézrétegre vitte fel változó vastagságban. Tűkristály csak

azon a területen képződött, ahol volt réz alsóréteg. Ebből Tu megállapította, hogy a Cu_6Sn_5 intermetallikus réteg képződése miatt megjelenő belső feszültség okozza a tűkristályképződést. Felfedezésével évtizedekkel előre megalapozta számos kutatás irányvonalát.

K. N. Tu egy új elméletet mutatott be a tűkristályképződésre és -növekedésre 1994-ben [1]. Az új fogalom a 'repedezett oxidréteg' volt. Az elmélet azon alapszik, hogy sok belső feszültség halmozódhat fel az ónrétegben, melyeknek le kell épülniük. Ez indukálja a tűkristályképződést, ami első sorban a vékonyabb, hibásabb oxidrétegeknél keletkezik, ezzel a folyamattal pedig a feszültség megszüntethető. Az elméletéhez azonban akkor nem sikerült közvetlen bizonyítékokat találnia.

A tűkristályképződés megelőzésének lehetséges módjai

A tűkristályok megelőzésére elképzelt stratégiákat először 1956-ban tettek közzé (Bell Laboratórium). Ebben Arnold kifejtette, hogy a vizsgált tényezők (hőmérséklet, alkalmazott nyomás, relatív páratartalom, felületbevonási módszer, a fémbevonat vastagsága, a bevonat felületi minősége) csak minimális mértékben voltak hatással a tűkristályképződésre. Arnold 1956-os javaslatának hatására az USA-ban az ólomötvöztetés lett a kulcsfontosságú védekezési módszer a tűkristályokkal szemben [1]. 1959-ben megjelent cikkében pedig megállapítja, hogy az alacsony relatív páratartalom és hőmérséklet (szobahőmérséklet) a tűkristály képződését csupán mérsékli, de nem szünteti meg. 1963-ban Glazunova és Kudryavtsev [1] megállapította, hogy a réz hordozó alapanyagon akkor a legnagyobb a képződő tűkristályok sűrűsége és hosszúsága, ha a bevonat rétegvastagsága 2–5 mikrométer között van. Különböző hordozóanyagokon a veszélyes tartomány eltérő (acélnál 5–10 mikrométer). Ezen kívül azt is megállapították, hogy nagyon vékony ónréteg esetén (kb. 0,5 mikrométer) nem képződnek tűkristályok. 1968-ban M. Rozen a galvanizált ónbevonatok esetén 5 mikrométernél vastagabbat javasolt készíteni, és fel-

veti a hőkezelés lehetőségét (N_2 -atmoszférában, 191–218 °C-on, a bevonatban lévő feszültségek csökkentése céljából [1]).

1974-ben S. C. Britton összefoglaló cikket jelentetett meg, amelyben bemutatja a Tin Research Institute addig elért 20 éves kutatási eredményeit [1]. Ebben már megállapítja, hogy ha sárgarézt hordozó felületre galvanizált ónbevonatot szeretnénk felvinni, alkalmaznunk kell rézt, vagy nikkel közbelső réteget. Összefoglalójában már legalább 8 mikrométer vastagságú galvanizált ónbevonatot javasol felvinni a felületre. Ezen kívül olvasható javaslat arra, hogy a bevonatolási folyamat után közvetlenül 180–200 °C-on, 1 órán keresztül hőkezeljük az ónbevonatot. Ha a hőkezelés zavarja az azt követő forrasztási technológiát (oxidáció), akkor nitrogén védőatmoszférában kell végrehajtani. Következő megállapítása az volt, hogy a tűzi úton 'hot dip galvanized' nagy hőmérsékleten létrehozott ónbevonat sokkal kevesebb kockázatot jelent, mint a nem emelt hőmérsékleten kialakított galvanizált ónbevonat. A cikkben említést tesz a bevonat kialakításához használt ötvözetről is, amelynek már 1%-os ólomtartalma megakadályozhatja a tűkristályképződést, de célszerű nagyobb értéket választani [1]. Egy másik lehetőséget is felvázol, ugyanis, ha van lehetőségünk az alacsony forraszthatóságú és kevésbé alakítható ón-nikkel ötvözetet (65% ón) bevonatként felhasználni, akkor megakadályozhatjuk a tűkristályképződést.

Az 1975–76-ban B. D. Dunn megjelent (Európai Ürügynökség) két publikációjában nagy felbontású SEM-felvételeket mutatott be a tűkristályokról. Hogy megelőzzék a tűkristályképződést, Dunn szerint azokat a felületbevonó anyagokat (ón, kadmium, cink), amelyek feszültség hatására jelentős kockázata van a tűkristályképződésnek, ki kell zárni az üreszközök tervezése során. Alternatívaként a 60/40 ón-ólm ötvözetet tekintette, amelyen még nem láttak tűkristálynövekedést [1].

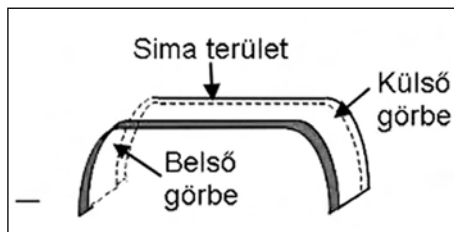
R. Diehl 1993-ban megjelentetett publikációja volt az első, amely a tűkristályképződés problémájával a csatlakozófelületekkel kapcsolatban foglalkozott (Burndy Connector Cor-

poration). Diehl megállapította, hogy ólmot kell adni ötvözőként a bevonatoló anyaghoz, hogy a felületeken ne képződjene ón tűkristályok [1]. A Burndy Connector Corporation elfogadta az ajánlást, minden ónnal bevont csatlakozó termékükhöz.

A nemzetközi ajánlásokkal és tapasztalatokkal összhangban (1974 S. C. Britton összefoglaló cikke) Horváth Barbara és társszerzői kimutatták, hogy az ónbevonat-vastagságot 10-ről 20 μm -re növelve, csökkenni fog a képződött tűkristályok sűrűsége és hosszúsága. Ugyanúgy csökkenést figyeltek meg azokban az esetekben is, amikor a mintadarabot 5%-os alakítás után, illetve alakítás nélkül hőkezelték 150 °C-on (újrakristályosított és hőkezelt darabok) [2]. Egy másik kísérletükben kimutatták, hogy ha a réz- és az ónréteg közé közbelső réteget (esetükben nikkel és ezüstöt) visznek fel, akkor az hatással van a tűkristályképződésre. Eredményeikből jól látható, hogy Ni-réteget használva kb. 1/10-ed részére lecsökkent a képződött tűkristályok hosszúsága még az Ag közbelső réteghez képest is, ezért célszerű megfontolni a használatát a nagyobb tűkristálysűrűség ellenére is [3].

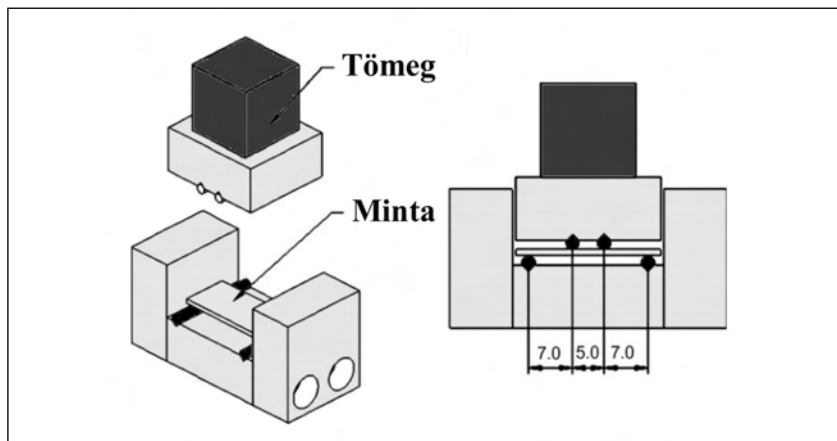
Az ólomötvöztetés alternatív lehetőségei

Néhány szakirodalom foglalkozott már azzal, hogy ónhoz bizonyos fémeket (Bi, Ag, Pb) adva hatékonyan lehet csökkenteni a tűkristályképződést [4–6]. Azonban, ha az ónbevonatot 10–20% közötti bizmutmennyiséggel ötvözzük, akkor speciális kezelési körülmények között (10 perces hőkezelés után, N_2 -atmoszférában a 145–260 °C-os hőmérséklet-tartományban), Bi-Sn kitérések jelenhetnek meg a felületeken [7]. Ha a hőkezelés hőmérséklete 139 °C alatt van, akkor nem tapasztalható tűkristályképződés, ezenkívül akkor sem, ha a frissen elkészített darabokat néhány hétig szobahőmérsékleten és szabad levegőn tárolják. Érdekes, hogy viszonylag magas Bi-tartalomnál lép fel ez a jelenség, ellentétben azokkal az esetekkel, ahol ón tűkristályok képződése tapasztalható (tisztá ón, vagy minimális ötvöztartalom).



■ 1. ábra. A mechanikai feszültség hatásának vizsgálata a tűkristályképződésre [17]

Másik lehetséges ötvözőfém ónbevonatokhoz a réz. A szakirodalmi kísérletben négy különböző összetételű bevonatot vizsgáltak meg [8]: tiszta ónt, 1, 2, és 3% réztartalmú óntötvözeteket. A bevonatolás epoxi-üveg felületre felvitt maratott rézrétegre történt. A végső réteg bevonatvastagságai 5 és 10 mikrométer között voltak. Az elkészített mintadarabokat hőszokk-kamrába helyezték, és 1500 ciklust hajtottak végre $-45/+85\text{ °C}$ között, minden ciklus 20 percig tartott. Ötvözetlen ón esetén $40\text{ }\mu\text{m}$ volt a mért maximális tűkristályhosszúság, ami 1% Cu ötvözésével $15\text{ }\mu\text{m}$ -re, 2% Cu-ötvözéssel $5\text{ }\mu\text{m}$ -re csökkent le. Tovább növelve a rézötvöző mennyiségét, 3% Cu-ötvözésnél már $7\text{ }\mu\text{m}$ volt a mért leghosszabb tűkristályhosszúság. Ezért technológiától függően jó megoldás lehet, ha a tiszta ónbevonat-anyagunkat 1-2 % rézzel ötvözzük. Megállapítható tehát, hogy a rézzel való minimális mértékű ötvözés mérsékli a tűkristály kialakulását, ha pedig képződik tűkristály, akkor az alakjuk különböző lesz. A tiszta ónbevonaton egyenes és hosszú tűkristályok jelentek meg, míg a 2% rézzel ötvözött ónfelületen domb alakúak és vastagabbak. Mivel az utóbbiaknak nagyobb a fajlagos térfogata a hosszúságához képest, így kevésbé veszélyeztetik az elektronikai berendezések biztonságát. Szintén a rézötvöző hatását vizsgálta meg egyik kutatásában Horváth Barbara és csapata. Az 1, 2, 3, 4 és 5% rézet tartalmazó ötvözeteket megvizsgálva azt tapasztalták, hogy 1% Cu-tartalomnál a legalacsonyabb a tűkristálysűrűség és -hosszúság (2400 óra után, 85 °C -on 85% páratartalom mellett). Ekkora terhelési időnél a 2, 3, 4 és 5% rézet tartalmazó ónbevonatokon több és hosszabb tűkristály képződött még a tiszta ónbevonattal összehasonlítva is, ezért nem szabad 1-2%-nál na-



■ 2. ábra. Lehetőség a hajlító mechanikai feszültség hatásának a vizsgálatára [18]

gyobb arányban rézet ötvözni [9]. Indoklásuk szerint magasabb Cu-ötvözés esetén több korróziós termék fog keletkezni, amely feszültséget okoz a rétegben, és ez tűkristályképződéshez vezet.

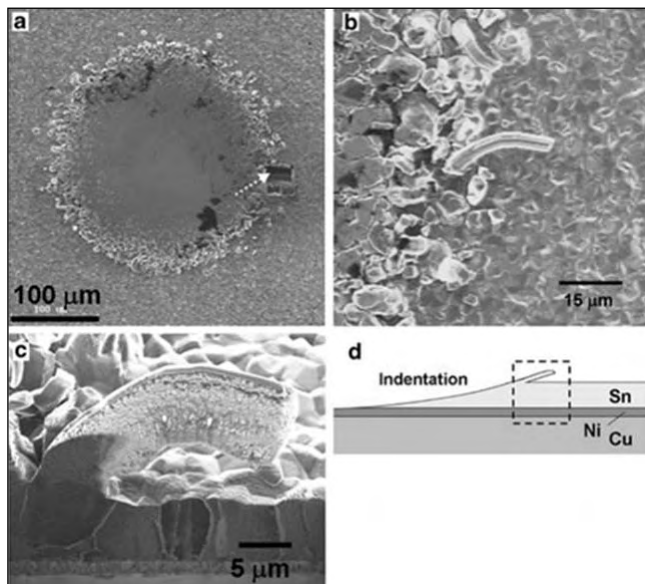
Skwarek, Witek és Ratajczak más bevonatanyagokkal is végzett kísérleteket ugyanazon körülmények között [10]. A bevonatoló anyagok a tiszta ón mellett Sn96,5Ag3Cu0,5 és Sn99Ag0,3CuNiGe voltak. A germánium csökkenti az olvadt fém oxidációját, ezáltal a keletkezett salak mennyiségét. A cikkükben arra a következtetésre jutottak, hogy hőciklus hatására több tűkristály képződik, mintha kizárólagosan csak emelt hőmérsékleten tartanák a darabot. Okaként azt valószínűsítik, hogy a hirtelen hőmérsékletváltozás fokozza az újrakristályosodási folyamatot, emiatt nagy nyomófeszültség képződik a mintában, és ez intenzívebb tűkristály-növekedést eredményez. A második (Sn96,5Ag3Cu0,5) ötvözetüket megvizsgálva megállapították, hogy az Ag- és Cu-ötvözés nem segítette elő, de nem is gátolta a tűkristály képződését (a réz csak 0,5%-ban van jelen a bevonatban). Megállapították, hogy ha nyomokban nikkellel ötvözik a bevonatot, akkor csökkenthető a tűkristályképződés mértéke.

Végezetül szükséges pár gondolatot bemutatnunk a ritkaföldfém-ötvözés hatásairól is. Sok forrasztóanyag mechanikai tulajdonságait előnyösen befolyásolja, ha tartalmaz valamilyen ritkaföldfém-ötvözőelemet. Az ilyen ötvözet felhasználását bevonatanyagként el kell kerülnünk. Chuang és Chi a ritkaföldfém-ötvözők hatását

vizsgálta meg az ón tűkristályképződésre [11]. Kiinduló forrasztó-ötvözetük Sn3Ag0,5Cu0,5Ce volt, ami-ben a cérium (Ce) ötvöző, bár javította a mechanikai és nedvesítési tulajdonságokat, azonban a korábbi irodalmak adatai szerint [12] $0,9\text{ nm/s}$ tűkristály növekedési sebességet okozott. Ez több nagyságrenddel nagyobb, mint a hagyományos forrasztóanyagokban mérhető érték. Chuang és Lin $0,5\text{ m/m\%}$ cinket adott a Sn3Ag0,5Cu0,5Ce ötvözethez, ezáltal a CeSn_3 intermetallikus fázis 10-szer vékonyabb lett, és ez megakadályozta a tűkristályok kialakulását.

Dudek és Chawla a ritkaföldfém (RE), La, Ce, és Y ötvözők hatását vizsgálta meg [13]. Sötét oxidréteg takarta be az RESn_3 intermetallikus fázist, ugyanis a ritkaföldfém-ötvözők erősen oxidáló hatásúak. A folyamat azt eredményezi, hogy a fázis térfogata megnő (az RESn_3 15%-kal), aminek hatására a környező ón mátrixban erős nyomófeszültség ébred, ez pedig elősegíti tűkristály növekedését. Kutatásuk során azt is tapasztalták, hogy a próbadarab vízűtése során rövidebb, kemencében hűtése során hosszabb tűkristályok keletkeztek.

Liu és Xian a neodímium (Nd) ötvözés hatását vizsgálták meg a tűkristályképződésre [14]. A kísérlet érdekessége, hogy az alapfém eutektikus Sn-Pb ötvözet volt (63% Sn, 37% Pb). A korábbiakban az ólommal való ötvö-zést tekintették a tűkristály megelőzés egyik alappillérenek [15], ennek ellenére mégis sikerült egy viszonylag magas Pb-tartalmú eutektikus ötvözetben tűkristályt növesztetniük. Az elké-



■ **3. ábra.** Kerámia csapágygolyó segítségével létrehozott lenyomat és a képződött tűkristályok: a – a lenyomat; b – a lenyomat határfelülete tűkristályokkal; c – FIB (Focused Ion Beam) keresztmetszeti felvétel a tűkristályról; d – sematikus ábra a kiválasztott régióról [19]

szített ötvözeteknek Nd-tartalma 5,0%, 0,5%, 0,25% és 0,1% volt. Az ötvöző mennyiségétől függően Nd_3Sn fázisok válnak ki az Sn-Pb ötvözetből, amelyek alakja gömbszerű, átmérőjük 15-20 mikrométer között van. A Nd az Nd_3Sn kiválásban igen aktív, már szobahőmérsékleten is erőteljesen oxidálódik (a színe is változik néhány nap után). Ennek hatására megnő a kiválások környékén a feszültség, ami tűkristályképződéshez vezethet. A mintadarabokat megvizsgálták 22 és 33 nap után, s azt tapasztalták, hogy az Nd_3Sn kiválások felületén tűkristályok növekedtek. Megállapítható tehát, hogy az ólomötvözzéssel történő tűkristály megelőzésnek is vannak korlátai.

felületeken. A jelenség átfolyó elektromos áram nélkül is létezik, ezért célszerű a vizsgálatokat a csatlakozási folyamatot kísérő mechanikus alakváltozásokra összpontosítani. A továbbiakban áttekintünk néhány fő vizsgálati lehetőséget az elektronikus csatlakozás szimulációjára. Fontos megjegyezni, hogy a most bemutatásra kerülő kísérleti módszerek csupán töredékei a napjainkban használatban lévő vizsgálati lehetőségeknek. A tűkristályképződés kutatásánál a nagyobb hőmérsékletet és a nagy páratartalom hatását is vizsgálják [16]. A nagyobb hőmérséklettel a diffúziós folyamatok, a nagy páratartalommal pedig a korróziós folyamatok hatásai vizsgálhatóak. Ezen kívül

Tűkristályok létrehozása kísérleti úton

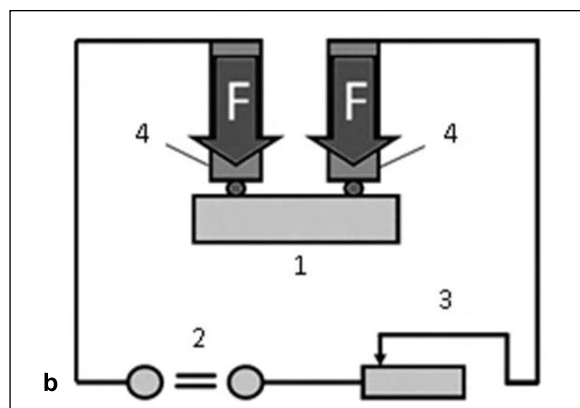
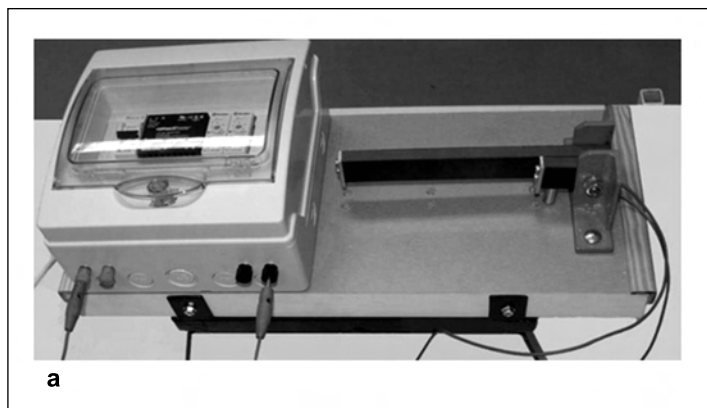
A mintadarabok előállításánál a hordozóréteget több alapanyagból is elkészíthetjük. A szakcikkekben erre a célra rezet, rézötvözeteket, és FeNi42-t (ún. Alloy42) használnak. A bevonatolást lehetőségünk van tűzi, galvanikus és kémiai úton is elvégezni. A tűkristályképződés gyakran megfigyelhető elektronikai csatlakozó

lehetőség van hőciklusos kísérletek elvégzésére is, melynek során -55 és $+85$ °C között változtatják a klímakamra hőmérsékletét [2]. A hőmérsékletváltás általában nem hirtelen történik, hanem 20-30 percig szokott tartani egy ciklus. Előnye, hogy nagy feszültség ébred a rétegben, ezért hamar van értékelhető eredmény.

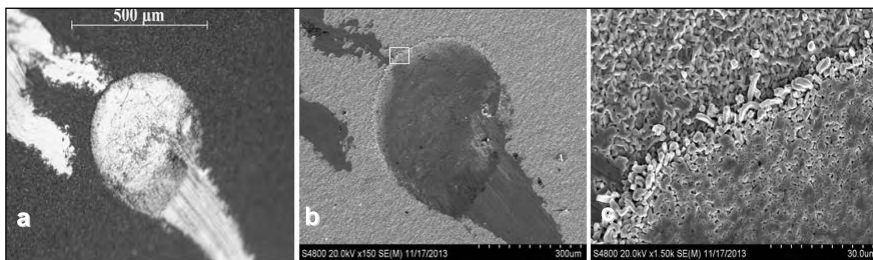
Az 1. ábrán látható, hogy a felületet érő mechanikai feszültséget úgy modellezzük, mint egy két végén hajlított lemezt, melyen sima/egyenes, hajlított, valamint külső és belső felületi részek egyaránt vannak. Ennek a megoldásnak az a hátránya, hogy a mérések csak minimális szinten reprodukálhatóak [17].

A 2. ábrán látható elv szerint végrehajtott kísérletben az előkészített próbalemezt négy pontban hajlítófeszültséggel terhelik. Ez a módszer ugyan már jól reprodukálható, de végrehajtása több hónapot igényel [18]. A harmadik kísérleti megoldás a 3. ábrán látható. Itt az ónfelületet egy 900 mikrométer átmérőjű ZrO_2 golyóval terhelték [19].

A kísérletekhez a harmadik eljárás alapelve javasolható leginkább, mert gyors és viszonylag nagy reprodukálhatóságot biztosít. Ez a módszer továbbá kellőképpen modellezi a csatlakozófelületen fellépő mechanikai feszültségeket, amelyek tűkristályképződéshez vezetnek. Az idézett irodalom csak kevés paramétert vizsgál meg, ráadásul a ZrO_2 golyó miatt nem lehet számszerűsíteni a csatlakozófelületet ért terhelés mértékét (1. egyenlet), ezért a kísérleteket célszerű acél csapágygolyó segítségével végrehajtani.



■ **4. ábra.** A vizsgálóberendezés fényképe (a) és kapcsolási rajza (b); A berendezés részei: (1) mintadarab, (2) egyenáramú 24 V-os tápegység, (3) változtatható ellenállás, (4) terhelőkarok 3,5 mm átmérőjű acél csapágygolyókkal



■ **5. ábra.** Optikai mikroszkópos felvétel az ónozott felületről 24 órás terhelés után (a), pásztázó elektronmikroszkópos felvétel ugyanarról a lenyomatról (b), és a határ-felületről tűkristályokkal (c)

Ezeknek a tényezőknek a figyelembevételével készült el a Miskolci Egyetemen egy vizsgálóberendezés, mellyel a csatlakozás során létrejövő feszültségek szimulálhatóak (4. ábra). A műszer a mintadarab felületét egy 3,5 mm átmérőjű acél csapágygolyóval terheli meg, melynek hatására Hertz-feszültség lép fel (σ). Ez a feszültség függ a nyomóerőtől (F), az acélgolyó átmérőjétől (r), és az érintkező anyagok rugalmassági modulusától (E), illetve Poisson-tényezőtől (λ) (1. egyenlet).

$$\sigma = \left(F\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{\pi}\right) \left\{ \frac{1,5 E^2}{[r(1-\lambda^2)]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

A terhelőerő módosítására az erőkarok végére függesztett súlyok változtatásával van lehetőségünk. A mechanikai terhelés és alakváltozás mellett az elektromos feszültség hatásának vizsgálata is megoldott, egy beépített 24 V feszültségű egyenáramú tápegység segítségével. Az elkészült lenyomatok szabályos kör alakúak és kb. 0,3 mm átmérőjűek. A kis méretű lenyomatból adódóan igen nagy mechanikai feszültségek hatásai is vizsgálhatóak. Az esetek döntő többségében a tűkristály az alakváltozott felület határain képződik.

A korrelatív mikroszkópia alkalmazása a tűkristályképződés vizsgálatában

A tűkristály alakjának, szerkezetének és hosszúságának vizsgálatához méretükből fakadóan mikroszkópos módszerekre van szükség. A méréseket egyaránt végezhetjük optikai mikroszkóppal, pásztázó- valamint transzmissziós elektronmikroszkóppal. Sajnos évtizedekig létezett egyfajta kulturális szakadék az optikai- és

az elektronmikroszkópos vizsgálati technológiák között, ami már olyan nagymértékűvé vált, hogy ezeket a berendezéseket sok kutató egyetemen teljesen külön laboratóriumokban helyezték el. Ennek hatására külön kihívássá vált az, hogy az előkészített mintákat mindkét rendszerben meg lehessen vizsgálni [20]. Az optikai- és az elektronmikroszkópos vizsgálati módszerek igen különbözök, ezért összehangolásuk komoly kihívás. A két technológiánál mindegyik munkafolyamat különbözik, legyen szó akár a minták előkészítéséről és rögzítéséről, akár a szoftverekről és az alkalmazásokról. Azonban a modern tudományban elengedhetetlen, hogy adott idő alatt minél több eredmény legyen, ezért hatékony mérések szükségesek. 2010-ben Carl Zeiss bevezette az ún. Shuttle-and-Find megoldást, amellyel megvalósult az átjárhatóság a minták optikai- és elektronmikroszkópos vizsgálata között. A módszer elve egyszerű, ugyanis egy közös mintahordozó és egy közös koordináta-rendszer segítségével, már mindkét mikroszkóp szoftverje könnyen tudja azonosítani a vizsgált területeket. A szoftver és a hardver ilyen mértékű összehangolása azt eredményezte, hogy a vizsgált mintákat percek alatt áthelyezhetjük egyik mikroszkópos rendszerből a másikba. A fény- és az elektronmikroszkópiát egy kísérleten belül az ún. Correlative light electron microscopy (CLEM) ötvözi a legjobban (5. ábra).

A fénymikroszkóp különösen alkalmas arra, hogy a minta legkülönbözőbb területeiről adatokat és általános áttekintést kapjunk. Az elektronmikroszkóp pedig egy sokkal nagyobb felbontású képet tud készíteni a tűkristályokról és további fontos információkat is ad a vizsgált területekről (töb-

bek között meghatározhatóak az elemi összetételek).

Saját kísérleteinkben egy mintán számos lenyomatot hozunk létre, melyeket SEM-mel közvetlenül körülményes megtalálni, ezért az azonosításhoz optikai mikroszkópot használunk először. Mint említettük, ez a korrelatív mikroszkópiának (amelyet a biológiában és az anyagtudományban újabban egyre elterjedtebben használnak) az első lépése. A lenyomatok koordinátáit a fénymikroszkóp számítógépes szoftvere elmenti. A második lépésben a tárgyasztalt a mintával elhelyezzük a SEM-ben, és megnyitva a lenyomatok koordinátáit tartalmazó fájlt, az azonosított helyek automatikusan megtalálhatóak. Ezután az alakváltozott és nem alakváltozott felület határain képződött tűkristályokat figyeljük meg SEM segítségével.

Összefoglalva tehát a CLEM képes az optikai és az elektronmikroszkóp előnyös tulajdonságait egyesíteni. Meg kell említeni, hogy a CLEM-et széleskörűen használják biológiai minták esetén [21–22]; azonban ön tűkristály elemzését az irodalom még egyáltalán nem mutatta be ezzel a módszerrel.

Összefoglalás

A tűkristályképződés megelőzésére a csökkenő méretű elektronikai alkatrészek és csatlakozófelületek miatt az iparban nagy gondot kell fordítani. Már több évtizeddel ezelőtt is sikerült olyan megelőző stratégiákat kidolgozni, amelyek segítségével ez a káros folyamat gyakorlatilag teljes mértékben megszüntethető. Az legtöbb kutató ebből a célból az önbevonat ólommal való ötvöztetését javasolta, azonban ez a lehetőség az egyre szigorodó előírások miatt (RoHS-direktíva) nem lehetséges. Az elmúlt évtizedben ezért új erőre kaptak a kutatások a témában, keresik azt az ötvöztető, ami az ólom helyébe léphet. Több ígéretes eredmény született pl. a Bi, a Cu, és az Ag (ritkábban Zn és Ni is) mint ötvöztető felhasználásával kapcsolatban. Az eredmények legtöbbször ellentmondásban vannak egymással, ezért még sok új megerősítő, esetleg cáfoló kísérletre és kutatásra lesz szükség. Az ön tűkristályok képződését és növekedését feszültség idézi

elő [1]. Kidolgoztunk egy saját mérési módszert azzal a céllal, hogy a terhelő mechanikai feszültség és a terhelési idők hatását megvizsgálhassuk a tükristály-növekedés intenzitására. Módszerünkkel, a korábbi vizsgálatokkal szemben [17–19] lehetőségünk van jól reprodukálható módon modellezni az elektronikai csatlakozási folyamatot. Végül igazoltuk azt, hogy a korrelatív mikroszkópia (optikai- és elektronmikroszkóp együttes használata a vizsgálatokban) egy időtakarékos módszer a tükristályképződés folyamatának vizsgálatára, a korábbi vizsgálati módszereinkhez képest.

Köszönetnyilvánítás

Dr. Sycheva Anna: A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP-4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

Dr. Gácsi Zoltán, Radányi Ádám: A kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] G. T. Galyon: IBM Server Group (2003) <http://thor.inemi.org/webdownload/newsroom/TinWhiskerBiblo.pdf>.
- [2] B. Horváth, B. Illés, T. Shinohara, G. Harsányi: Thin Solid Films 520 (2012) 5733–5740.
- [3] B. Illés, B. Horváth, G. Harsányi: Surface & Coatings Technology 205 (2010) 2262–2266.
- [4] K. S. Kim, C. H. Yu, J. M. Yang: Thin Solid Films 504 (2006) pp. 350–354.
- [5] G. T. Galyon, R. Gedney: Circuit Assembly 15 (2004) pp. 26–31.
- [6] G. T. Galyon: A History of Tin Whisker Theory: 1946 to 2004 In: Proceedings of SMTAI International Conference, Chicago, IL, September 26–30, 2004.
- [7] Ch.-Ch. Hu, Y.-D. Tsai, Ch.-Ch. Lin, G.-L. Lee, S.-W. Chen, T.-Ch. Lee, T.-Ch. Wen: Journal of Alloys and Compounds 472 (2009) pp.121–126.
- [8] A. Skwarek, J. Ratajczak, A. Czerwinski, K. Witek, J. Kulawik: Applied Surface Science 255 (2009) pp. 7100–7103.
- [9] B. Horváth, T. Shinohara, B. Illés: Journal of Alloys and Compounds 577 (2013) 439–444.
- [10] A. Skwarek, K. Witek, J. Ratajczak: Microelectronics Reliability 49 (2009) pp. 569–572.
- [11] T. H. Chuang, C. C. Chi: Journal of Alloys and Compounds 480 (2009) pp. 974–980.
- [12] T. H. Chuang, S. F. Yen, J.: Electronic Materials 35 (2006) pp. 1621–1627.
- [13] M. A. Dudek, N. Chawla: Acta Materialia 57 (2009) pp. 4588–4599.
- [14] M. Liu, A.-P. Xian: Microelectronics Reliability 49 (2009) pp. 667–672.
- [15] S. M. Arnold: The growth of metal whiskers on electrical components. In: Proceedings of the IEEE Electrical Components Conference (1959) pp. 75–82.
- [16] B. Illés, B. Horváth: Microelectronics Reliability 53 (2013) 755–760.
- [17] Y. Fukuda, M. Osterman, M. Pecht: Microelectronics Reliability 47 (2007) pp. 88–92.
- [18] C.-K. Lin, T.-H. Lin: Microelectronics Reliability 48 (2008) pp. 1737–1740.
- [19] S.-K. Lin, Y. Yorikado, J. Jiang, K.-S. Kim, K. Suganuma, S.-W. Chen, M. Tsujimoto, I. Yanada: Journal of Electronic Materials 12 (2007) pp. 1732–1734.
- [20] A. S. Wiecek: Correlative Microscopy: Two Cultures Collide. Microscopy Feature Biotechniques (2012).
- [21] E. Brown, J. Mantell, D. Carter, G. Tilly, P. Verkade: Seminars in Cell & Developmental Biology 20 (2009) pp. 910–919.
- [22] K. A. Jahn, D. A. Barton, K. Kobayashi, K. R. Ratnac, R. L. Overall, F. Braet: Micron 43 (2012) pp. 565–582.

Merre tovább járműipar?

A CAEF (Európai öntészeti szövetségek bizottsága) járműipar szekciója félévente tanácskozik. A 2013. szeptember 17-én Frankfurtban tartott összejövetelen, amelyen nyolc ország 30 szakembere vett részt, megvitatták a „FAST 2025 – Future Automotive Structure” című tanulmányt.

Fontosabb megállapítások:

- Európa erős ipara megmarad, a kutatás-fejlesztésben változatlanul vezető szerepet tölt be.
- A világ legnagyobb termelőkapacitása Kínáé lesz.
- Az értékteremtésben az OEM-ek (eredeti berendezés gyártók) és a

beszállítók munkamegosztása a beszállítók javára tovább bővül.

- A karosszériák, elektromos meghajtások, külső jellemzők területén tovább értékelődés várható.
- A könnyűszerkezetek iránti igény tovább erősíti a K+F tevékenységet.
- A K+F-en belül a legnagyobb figyelem a jármű egésze mellett a robotmotorokra és a hozzájuk kapcsolódó egységekre, mint a turbófeltöltő, forduló.

A járműipar az utóbbi években jelentős változásokon megy keresztül. Növekszik az autómárkák, a modellek, a változatok száma, rövidül

a gyártási idő, terjed az építőkocka elv. Kína és India jelentősége egyre nő, fellelőpiacuk Európával, Észak-Amerikával ellentétben bővülnek, így nem kizárólag a járművek előállítására, hanem a K + F intézmények ázsiai erősítése is napirenden szerepel.

A tanulmány szerint a fejlesztésekben a beszállítók aktivitása a járműgyártókkal összevetve fokozódik. Különösen az elektromos meghajtás területén várható jelentős előrelépés annak dacára, hogy még nem ismert a vásárlók hozzáállása az elektromos járművekhez.

bdgreport, 2013. október alapján, BK

Borbála-napi megemlékezések

Központi ünnepség

A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet zsúfolásig megtelt dísztermében került sor 2013. december 4-én a központi Szent Borbála-napi ünnepségre (1. kép).

Az elnöki asztalnál foglalt helyet Németh Lászlóné nemzeti fejlesztési miniszter, dr. Dorkota Lajos, a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal elnöke, Bencsik János, az Országgyűlés GIB Energetikai Albizottság elnöke, dr. Tamaga Ferenc, az MBFH elnökhelyettese, dr. Nagy Lajos az OMBKE elnöke, Palásthy György, az MBSZ elnöke, Rabi Ferenc, a BDSZ elnöke, dr. Szűcs Péter, a ME Műszaki Földtudományi Kar dékánja, dr. Gácsi Zoltán, a ME Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja és dr. Zoltay Ákos, az MBSZ főtitkára, az ünnepség levezetője (2. kép).

Az ünnepi beszédet Németh Lászlóné miniszter asszony tartotta. Bevezetőjében kitért a bányász szakma megbecsülésére, a szénbányászat megőrzésére, újraindítására, és a szénhidrogén-bányászat fejlesztésével kapcsolatos tervek, aktuális eseményekre. Majd a következőket mondta:

„Ez után a rövid összefoglaló után szeretném megosztani önökkel az ágazat jövője szempontjából fontos új kormányzati célkitűzéseket. A hazai és európai uniós energiapolitika hármascélrendszerét határozott meg: ellátásbiztonság, fenntarthatóság, versenyképesség. Ezek figyelembe vételével az ásványgazdálkodás és -hasznosítás területén a következők élveznek elsőbbséget:

A felelős állami ásványvagyon-gazdálkodás fenntartása, nyilvántartásának fejlesztése és gondozása. Ennek érdekében el kell készíteni az ásványvagyon készletek újraértékelésén nyugvó ásványvagyon-gazdálkodási stratégiánkat. Az arra épülő kor-



■ 1. kép. Az ünnepség résztvevői

mányrendeletet ki kell dolgoznunk, amely nyilvánvalóan a bányatörvény felhatalmazása alapján készül majd el.

A hazai ásványpotenciál hasznosítása érdekében szükséges a klíma- és környezetvédelmi feltételeknek minden szempontból megfelelő technológiák kutatása, illetve azt követően azoknak kísérleti bevezetése. Fontos minden olyan kezdeményezés támogatása, amely a hazai gazdaságot

erősíteni, az iparfejlesztési lehetőségeket segíteni tudja. Alapvetően beszélhetünk arról is, hogy a kormány a hazai erőforrásokra támaszkodva próbálja meg növelni az energiaellátás biztonságát, tehát az energiahordozó ásványi nyersanyagok hasznosításával kívánjuk elérni importfüggőségünk csökkentését.

Még egy terület, amiről feltétlenül szót kell ejteni. Az építőipari ásványok bányászata jelentősen megszínylette



■ 2. kép. A központi Borbála-ünnepség elnöksége

az európai gazdasági válságot. Megsínylette azt, hogy a nagy autópálya-építések korszaka lezárult. Ugyanakkor viszont az építőipari termelés fellendülőben van. Az idén nyolc százalékkal növekedett a múlt év azonos időszakához képest. S mint bizonyára a hírekből önök is értesülhettek, napi szinten a kormány számos közösségi építkezést szolgáló programot hirdetett meg, indított el.

Elmondhatom önöknek, hogy a mostani kormány határozott célja az ágazat megerősítése. A bányászati dolgozók megbecsülése, a tradicionális szakmakultúra megújítása és továbbvitele. A gazdasági növekedés, az alacsonyan tartott költségvetési hiánycél, illetve a következő költségvetési ciklusra kiharcolt jobb pozíciók megfelelő keretrendszert adnak ahhoz, hogy a bányászat fejlesztésén tudjunk gondolkodni, illetve azt el tudjuk indítani.

A mai ünnep tiszteletére, és bízva abban, hogy az ágazat jelentősége felértékelődik, szeretnék az önök köszönésével búcsúzni: Jó szerencsét!”

A miniszteri beszédet követően dr. Zoltay Ákos felolvasta dr. Latorcai János országgyűlési képviselő, az országgyűlés alelnöke, a Szent Borbála-érem miniszteri kitüntetését 1993-



■ 3. kép. Németh Lászlóné miniszter asszonynak átadják a Borbála-reliefet

ban első ízben adományozó volt ágazati miniszter levélben küldött jókívánságait.

Az ismertetés után Németh Lászlóné átadta a Szent Borbála-érem kitüntetéseket. Ezután Palásthy György, dr. Nagy Lajos és Rabi Ferenc együtt adták át a miniszter asszonynak a *Czakó Lajos* faragó művész által készített „Szent Borbála, a bányászok védőszentje” c. reliefet (3. kép).

A további kitüntetéseket Palásthy György és Rabi Ferenc adták át, majd dr. Kovács Ferenc, a Központi Bányá-

szati Múzeum Alapítvány Kuratórium elnöke ismertette és adta át azt a levelet, melyben a miniszter asszony segítségét kérte a Múzeum kritikus pénzügyi helyzetének megoldásához. Németh Lászlóné rövid válaszában ígéretet tett a esetleges azonnali segítségre.

Az ünnepség kulturális műsora a több éves hagyományoknak megfelelően zajlott le: Szt. Martin műsorát élvezhették a megjelentek.

Az állófogadáson a pohárköszöntőt Palásthy György, az MBSZ elnöke tartotta.

Dr. Horn János

A kitüntetettek

„Szent Borbála-érem” kitüntetésben részesült bányászattal kapcsolatos lelkiismeretes tevékenységéért:

Adamik István,
a Mátrai Erőmű Zrt. Visonta bánya bányatechnológusa,
Czémán Miklós,
a Bányavagyon-hasznosító Non-profit Közhasznú Kft. ügyvezető igazgatója,
Ifj. Dörömbözy Béla
egyéni vállalkozó,
Dr. Fancsik Tamás,
a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet igazgatója,
Haudek János,
a Vértesi Erőmű Zrt. Márkushegyi Bányaüzem villamossági részlegvezetője,
Kiss Károly,
a MOL Nyrt. kutatási projektvezetője,

Jávor Géza,
a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal bányafelügyeleti főmérnöke,
Molnár János,
a Mecsekérc Zrt. vezérigazgatója,
Németh Mária,
a Magyar Horizont Energia Kft. pénzügyi konzultánsa,
Puskás András,
a Vértesi Erőmű Zrt. Márkushegyi Bányaüzem szállítási felvigyázója,
Tóth István,
a Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi Bánya részlegvezetője,
Török Károly,
a MOL Nyrt. Nyugati Régió FF & EBK vezetője,
Varju-Majzik Péter,
a CEMEX Hungária Kft. bányászati és beton üzletág igazgatója,
Vasas Mihály,
a BDSZ Tatabányai Szövetség elnöke,
Dr. Vojuczki Péter,
az Auroma Kft. igazgatója.

„Szent Borbála-érem” kitüntetésben részesült kohászattal kapcsolatos lelkiismeretes tevékenységéért:

Horváth Csaba,
a Csepeli Fém Bt. műszaki szakértője,
Dr. Lukács Péter,
az ISD Dunaferri Zrt. stratégiai műszaki vezérigazgató-helyettese,
Pivarcsi László,
az L-Duplex Pivó Kft. ügyvezetője,
Dr. Réger Mihály,
az Óbudai Egyetem Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet tudományos rektorhelyettese, egyetemi tanára.

„Magyar Bányászatért” érem kitüntetésben részesült:

Dr. Esztó Péter,
a rendszerváltást követő bányászati jogszabályalkotást előkészítő Magyar Bányászati Hivatal – több cik-

lusban sikeresen tevékenykedő – volt elnöke, a Magyar Bányászati Szövetség Jogi bizottságának tagja, 70. születésnapja évében kiemelkedő szakmai életútja elismeréseként;

Jászai Sándor,

a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal elnöke a bányafelügyelet irányításában végzett lelkiismeretes tevékenysége elismeréséül.

„Magyar Bányászatért” jubileumi plakett kitüntetésben részesült:

A hazai bányászatban, a bányászati anyagellátásban tevékenykedő Metal-

Carbon Kft. a vállalkozás alapításának 60. évfordulója alkalmából. A kitüntetést dr. Szirtes László ügyvezető igazgató vette át.

A hazai szénhidrogén-bányászati kutatásban és kitermelésben élenjáró Magyar Horizont Energia Kft. alapításának 15. évfordulója alkalmából. A kitüntetést Kaczmarczyk Gábor PR-menedzser vette át.

„Bányaipari ágazati párbeszéd fejlesztéséért” emlékérem kitüntetésben részesült:

Máy László,

az Urándolgozók Szakszervezeti

Szövetsége Mecsek-Öko Zrt. Szakszervezeti Bizottságának titkára, az uránbányászat átalakulásában a dolgozók érdekeinek képviselőként, a szociális párbeszéd keretében kifejtett tevékenysége elismeréseként;

Demeter Tamás,

a Kvarchomok Kft. ügyvezető igazgatója, a szociális párbeszéd keretében a munkaadói oldal részéről kifejtett tevékenysége elismeréseként.

Valamennyi kitüntetettnek ezúton is gratulálunk!

A szerkesztőség

Szent Borbála-érem kitüntetésben részesült kohász egyesületi tagok



Horváth Csaba egyetemi tanulmányait 1952–57 között a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán végezte. 1957-ben kitüntetéses diplomával fejezte

be az egyetemet és a Csepel Művek Fém-művében helyezkedett el gyakornokként majd üzemmérnökként. Ugyanott 1958–1962 között üzemvezetőként dolgozott. 1962-ben a Fém-mű Anyagvizsgálójában a Metallográfiai Laboratórium megszervezésével bízták meg. Ennek volt a vezetője 1965-ig, majd a Fém-mű Anyagvizsgáló vezetője lett. 1969-ben a Kísérlet-Kutatási Osztály vezetését vette át, 1977-ben a Csepel Művek Fém-tani és Technológiai Kutató Intézetének lett a műszaki igazgatója. 1980-tól 1986-ig a Fém-mű Kutató és Technológiafejlesztő Intézet vezetőjeként dolgozott. 1986-tól nyugdíjba vonulásáig a Fém-mű műszaki igazgatója volt. Számos újítás, szabadalom tulajdonosa.

Több éven keresztül meghívott előadóként oktatott a Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán és a Mérnöki Továbbképző tanfolyamain.

Tagja volt a Nemzetközi Vákuumtechnikai Unió (IUVSTA) magyar nemzeti tagozatának, az MTA Szilárdtestfizikai Komplex Bizottságának és az MTA Kémiai Metallurgiai Albizottságának.



Dr. Lukács Péter 2013-ig az ISD Duna-ferr Zrt. (a legnagyobb hazai acélipari vállalat) stratégiai műszaki vezérigazgató-helyettesként szakmailag irányította a vállalat nagy volumenű műszaki fejlesztéseit, beruházásait, minőségügyi és környezetvédelmi, valamint anyagvizsgálati tevékenységét.

Különböző szakmai folyóiratokban publikált, hazai és nemzetközi konferenciákon előadásokat tartott a Duna-ferr műszaki fejlesztéseiről, környezet- és klímavédelmi helyzetéről.

2009-ben doktori fokozatot szerzett, ami jól jelzi folyamatos fejlődni akarását, szakmai attitűdjét.

Tagja az EU által működtetett Reserach Fund for Coal and Steel Tanácsadó testületének – ennek is köszönhető, hogy a vállalat több, Brüsszel által jelentősen támogatott kutatási projekt konzorciumi tagja, és a projektbe alvállalkozóként hazai kutatóhelyeket vont be.

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés igazgatótanácsának elnöke.

A Dunaújvárosi Főiskola Gazdasági Tanácsának tagja.

Az OMBKE egyik kiemelkedő támogatója, a Vaskohászati Szakosztály alelnöke és a Dunaújvárosi helyi szervezet vezetőségi tagja.

Hosszabb ideje elnöke a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítványnak, a

Duna-ferr Alkotói Alapítványnak, és a Magyarországi Kohómérnökképzésért Alapítvány Kuratóriumának.

A hazai anyag- és kohómérnökképzést számos csatornán keresztül támogatja.

Kezdeményező és irányító szerepe volt abban, hogy 2010-ben Dunaújvárosban megalakult a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Karának kihelyezett tanszéke.



Pivarcsi László

1959-ben a pápai Acsády Ignác ipari tanintézetben szerzett univerzális gép-szerelő szakmát, 1966-ban a kör-mendi felsőfokú

technikumban gépész szaktechnikus vizsgát tett. 1978-ban Nagykanizsán az Agrártudományi Egyetemen gépész üzemmérnökként diplomázott. 1993-ban Ukrajnában Metallurgiai üzemmérnöki végzettséget szerzett.

1966-ban kezdett első munkahelyén, a devecseri Állami Gazdaságban, gépész üzemmérnöki munkakörben. 1972-től az öntészeti szakmában dolgozik, a kupi MGTSZ öntödéjében meo-s beosztásban, e mellett kézi formázó munkakörben 1975-től öntőmesterként, majd 1983-tól öntődei főmérnökként. 1991-től a Pápai Készlenlét Kft. főmérnöke. 1996-ban vállalkozást hozott létre, megnyitotta saját öntödéjét, az L-Duplex Pívó Öntöde Kft.-t.

Az OMBKE-nek 1972-től tagja, 2007-től a Mosonmagyaróvári helyi szervezet elnöke.

Dr. Réger Mihály, az Óbudai Egyetem tudományos rektorhelyettese. Szakmai tevékenysége szorosan kapcsolódik a vaskohászati problémákhoz, elsősorban az ISD Dunaferri Dunai Vasmű Zrt.-ben az acélok folya-



Kohászati Lapokban. Az OMBKE

matos öntésének témaköréhez. A folyamatos öntéssel kapcsolatos nagydoktori értekezését 2012-ben sikerrel védte meg. Számos szakmai

Vaskohászati Szakosztály budapesti helyi szervezetének megalakulása óta titkára. A helyi szervezet programjainak (szakmai kirándulások, szakmai napok, szakestélyek) szervezésében, ezen keresztül a budapesti vaskohász kollégák szakmai összetartásában kiemelkedő szerepet játszik.

„Vocem preco!” Szent Borbála-szakestély Dunaújvárosban

November havának 29. napján rendezte meg hagyományos Szent Borbála-szakestélyét az OMBKE vaskohászati szakosztály dunaújvárosi szervezete. A tizenkilencedik alkalommal megszervezett szakestély ezúttal is sok érdeklődőt vonzott. A helyi szervezet aktív tagjai és nyugdíjasai mellett a DF Diákegylete is szép számmal képviselte magát a szakestélyen. A szakestély hangulatára rányomta bélyegét a kohászat évek óta tartó stagnálása és a vállalatnál elindult létszámcsoökkentés.

A szervezők a szakestély elnökségét felkérve, az elmúlt évek szakestélyein jól teljesített stábot állították csatasorba. A *Lontai Attila*, *Dani Bálint*, *Polányi Zoltán*, *Hevesi Imre*, *Krajczár Martin*, *Papp András*, *Mach Kornél*, *Pálinkás Róbert*, *Kardos Ferenc*, *Danicska Sándor*, *Szakács Sándor*, *Csurgó Lajos*, *Kardos Ferenc Dániel* és *Józsa Róbert* alkotta csapat kiváló-

an kormányozta a szakestély hajóját. A hagyományos kezdés után *dr. Kiss Endre* avatta fel a szakestély kupáját, majd a komoly pohár következett. *Dr. Szűcs László* kritikus vasműs visszatekintés után a jelenlegi helyzetben összefogásra buzdított. Ezután *Szabados Ottónak*, a Magyar Vas és Acélipari Egyesülés igazgatójának vidám pohara hangzott el. A helyi erők képviselésében először *Hevesiné Kővári Éva* az aktuális minőségügyi projekteket karikírozta. A 40 éves folyamatos öntés jegyében, a 40 éves *Dolmány Mihály* a FAM eredményeibe és mindennapjaiba nyújtott betekintést. Az egyes felszólalások között serényen dolgoztak a cantus praesese, a hagyományos selmeci nótákat intonálva. Az elnök által elrendelt eksek, tükrösök és lefetyek megteremtették a jó hangulatot a balekkereszteléshez. A firmák között meghúzódo setét pogányt a balekcsőszők vezették a szak-

estély elnöksége elé. *Dr. Pallósi József* nem kis megpróbáltatások teljesítése után balekká kereszteltetett. A keresztvizet sör formájában, választott firmái, *Szabados Ottó* és *Móger Róbert* locsolták megfelelő alaposággal öszülő halántékára. A megtért balek a kereszttségben az „X-Ray-doctor alias Uránbátor” nevet kapta. Ezután *Hevesi Imre* és *dr. Csirikusz József* nevetette meg a szakestélyt szellemes idézeteivel. *Krajczár Martin* a szakestély egyik cantus praesese személyes soproni élményeiről szólt, majd egy új kohász nótát adott elő. A krampampuli minősítését *Bocz András* végezte.

A szakest hivatalos része a hagyományos „Gaudeamus igitur” és a „Ballag már a vén diák...” kezdetű nóták éneklésével, végül az elnök „Vivat, crescat, floreat academia! Vivat professores!” zárszavával ért véget.

Józsa Róbert



■ „Fel a kohóra! Ércet bele!”



■ Hevesi Imre, interpellációja közben

Szent Hubertus – Szent Borbála-emlékest Akasztón

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály kecskeméti helyi szervezete és az OEE kecskeméti csoportja 2013. november 30-án az Akasztó közeli Halas Csárda különtermében 16. alkalommal rendezte meg a két, Selmecbányáról indult rokonszakma gyakorlóinak védőszentjeit méltató emlékestet közel 55 résztvevővel. A házigazdák ezúttal is *Szűcs Imre* erdőmérnök és kedves felesége, *Szűcsné Fias Mónika* erdésztechnikus, az Erdész Kft. tulajdonosai voltak.

A gyülekezés idejét a helyi fémkohászok a 2014. évi szakmai programtervük és az előttük álló jövő évi tisztújításra való felkészülést megvitató rövid taggyűlésre és az ezt megelőző vezetőségi ülésre használták fel.

Az emlékest előtt kétfogásos vacsora feleltette a résztvevők ide vezető utazásának fáradalmait, majd a selmeci hagyományokat felidéző és ápoló szakestély keretében emlékeztek meg a védőszentekről az egybe-

gyültek. A szakestély elnökének *Horváth János* erdőmérnököt választották meg, aki a háznagynak *Szűcs Imre* erdőmérnököt, visszhangoknak *Ruszkai István* és *Mihalecz József* bányamérnököt, nótafáknak *Csurgó Lajos* kohómérnököt és *Timár József* erdőmérnököt jelölte ki. A háznagy a házirend ismertetését követően, annak hitelesítésére *Beliczai István* erdőmérnököt kérte fel. A szakok himnuszainak elhangzása után az emlékest megkezdődött. *Kiss Csaba* bányamérnök rövid, de velős sziporkákkal teli vidám poharát követően *Dánfy László* vegyész mérnök hozzászólásában elemezte a szentek fogalmkörét és hitünk szerinti isteni küldetését az útkereső ember, a „homo religiosus” megfogalmazható céljait felsorolva. Ezeket az elveket a védőszentek életútján keresztül is bemutatta. Előadásának további részében a Szent Hubertus-tisztelet hazai elterjedéséről, majd a Szent Borbála-tisztelet történetéről és

a rendszerváltást is megelőző visszatérőről beszélve kiemelte, az egykori Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem bányamérnök hallgatóinak 1982-es, akkor még megtűrt kezdeményezését. Az OMBKE Budapesti Bányászat-történeti Szakbizottsága, *dr. Petrassy Miklós*nak, a Központi Bányászati és Fejlesztési Intézet vezérigazgatójának házigazdasága mellett, először 1989. december 4-én Budapesten a Városmajori plébániatemplomban újította meg ezt a több évszázados bányász hagyományt, melyről ma már ismét mindenütt megemlékeznek a hazai bányász-kohász körökben. A további hozzászólók, köztük *Ugró Sándor* erdőmérnök, *Sáfár László* kohómérnök valamint a kijelölt tisztségviselők számtalan vidám történetet osztottak meg az egybegyűltekkal. A jó hangulatú, de az alkalomhoz illő ünnepélyes szakestély hivatalos része a hagyományos záródalok intonálásával ért véget.

Dánfy László



■ 1–2. kép. Az akasztói ünnepség résztvevői

Miért éppen Szent Borbála?

(Egy lehetséges válasz)

Már tizenhatodik alkalommal ünnepeljük meg Szent Hubertus és Szent Borbála védőszentjeink tiszteletét Solton vagy Akasztón népes erdész és bányász-kohász szakmai társaságban. Kezdetben mind az erdészek, mind a kohászok előadói ismertették védőszentjeink életútját, és felidézték tiszteletük hagyománnyá válását, de egyszer sem merült fel, hogy Magyar-

országon miért éppen ezeket az útkereső emberi, „homo religiosus” életutakat választották a szakmák gyakorló példaképnek és tiszteletre méltónak.

Találkozunk sokféle elméleti fejtegetéssel, főleg a rendkívül hiányos és bizonytalan alapokon megfogalmazott egyháztörténeti magyarázatokkal. Ezeknek a bizonytalanságnak tudható be, hogy a Szentszék 1969-ben, többek között Szent Borbálát is törölte a

hivatalosan elismert szentek sorából.

Szent Hubertus vonatkozásában a vadászok öncélú, értelmetlen vadpusztítását korlátozni szándékozók elé állít példát Hubertus átszellemült megtérése. Innen a történet egyenesen vezet Lüttich püspökének későbbi tiszteletéhez, aminek hazai megjelenése a XVIII. század elején a Bánságot a török uralom alól felszabadító nyugat-európai katonatiszteknek köszönhető.

De mi a helyzet Szent Borbála tiszteletével a bányászok, majd a közülük később leváló kohászok hazai meghonosodása idején?

A 2013. évi akasztói megemlékezésen *Benke Tamás* okl. bányamérnök tette fel a kérdést: Miért és milyen úton terjedt el véglegesen a Szent Borbála-tisztelet Magyarországon a bányász-kohász szakmai körben?

Mint tudjuk, legkorábban Szent Anna és Alexandriai Szent Katalin oltalmát választották a nemesfém-bányászat nehéz és veszélyes foglalkozását folytató közösségek a történelmi Magyarországon. De a késő középkorban már megjelennek szakrális épületeinkben a Szent Borbálát ábrázoló szobrok és oltárképek is. Erre különösen jó példa Selmezbányán a Szent Katalin templom és a többi bányavárosi egyházi imahely.

Keressük tovább a hazánkba vezető lehetséges utat, amely a Német-római Császárság karolingi idejéhez vezet vissza. Egyháztörténelmi tény, hogy földközi-tengeri partvidék római fennhatóság alatti területein az őskeresztények üldözése során többen szenvedtek vértanúhalált és sírjaik mellett csodás jelenségeknek volt tanúja a kor embere. Kr. u. 230–330. között már a római császárok is felfigyeltek ezek kedvező társadalmi hatására, és igyekeztek a vértanuk földi maradványait a provinciák és sok esetben a birodalom központjába hozatni. Szent Borbála sírjának pon-

tos helyét nem ismerjük. A legendák szerint a testét rejtő koporsót Konstantinápolyba, majd egyenesen Rómába, és innen az észak-itáliai Velencébe szállították. Ez alatt a vándorlás alatt, ereklyeképzés céljából mindig leválasztottak egy részt a maradványokból. A Karoling-időszak kezdetén Nagy Károly császár 795-ben magával vitte a szent maradványait Piacenzába. Ereklyék kerültek Torcellóba és Mantuába is. Az akkor már szentként tisztelt vértanú Lombardiában lévő ereklyéiből Kölnbe és Mödlingbe is jutott. Ez a frank-germán tisztelet eredete. Az észak-itáliai nemesfém-bányászattal foglalkozó közösségek már védelmet kérhettek és remélhettek a körükben nagy becsben tartott szent vértanútól. Ugorjunk egy keveset az időben, és nézzük meg, mi történt a hozzánk közel lévő Cseh Királyságban, amelynek egyik híres városa Kuttenberg (a mai Kutná Hora) volt, ahová II. Vencel cseh király olasz bányászokat telepített az ottani ezüst-bányászat fellendítésére. Ellentét volt a bányászok és a helyi előljáróság között, ami abban is megmutatkozott, hogy önálló katedrálisépítési kezdeményezésüket nem támogatták a városban lévő cisztercita szerzetesek nyomására. Az olasz származású közösség már 1350-ben kisebb templomot épített Szent Borbálának szentelve. A ma már a késő gótika egyik európai remekévé ismert Szent Barbara katedrálisuk építését csak a

városfalakon kívül engedélyezték. Az 1388-ban elkezdett építkezést sok megszakítás után csak 1905-ben tudták teljesen befejezni. Ebben a templomban már megtalálható Szent Borbála szobra a hozzá fohászzkodó érc-bányász alakkal. Az is történelmi tény, hogy az Anjou-házi Károly Róbert idejében települtek be többek között a Kuttenbergből eljövő bányászok, és kaptak kiváltságokat a nemesfém ércek bányászatának fellendítéséért. A XIV. század eleji, akkori Magyar Királyság déli területein, Bántornyán és Mártonhelyen az 1370-es években Szent Borbála freskókat festettek. Ebből is látható, hogy a nápolyi Anjou-házi királyainkhoz közel álló vidékeken, feltehetően szintén olasz hatásra terjedt el a Szent Borbála-tisztelet. Megalapozottnak fogadható el, hogy a Szent Borbála-tiszteletet a történelmi Magyar Királyságban a bányavárosokba betelepült olasz ősökkel rendelkező bányász-közösség honosította meg, és terjedt el az egész Kárpát-medencében, majd a szénbányászat beindulásával kiterjedtebbé vált minden bányásztelepülésen. Jó, ha tudjuk, hogy hazánkban Grábócon az ortodox kolostor templomában őrzik az apácák Szent Borbála koponyacsontdarabját. Elmondásuk szerint a közeli baranyai bányásztelepülésekből számosan jönnek minden év december 4-én a védő-szent tiszteletére a templomba, függetlenül a felekezeti különbségtől.

Dánfy László

■ EGYESÜLETI HÍREK

Fazola Fesztivál (VII. Fazola-napok) Miskolc–2013

2013. szeptember 13–14-én már hetedik alkalommal rendezték meg a miskolci régió kohászainak, bányászainak és erdészeinek közös ünnepségét, a Fazola-napokat. Az ünnepi rendezvény az OMBKE helyi szervezetei, az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány, a Rotary Club Miskolc, az Északerdő Zrt., a Miskolci Egyetem, az MMKM Kohászati Múzeuma, a B.A.Z. Megyei Mérnöki Kamara és több helyi, regionális oktatási, kulturális intézmény közreműködésével valósult meg.

A rendezvény első napján a Miskolci Területi Akadémiai Bizottság (MAB) székházában a „Műszaki Földtudományi Kutatások 2013” címmel szakmai-tudományos konferenciát szerveztek. A díszteremben összegyűlt érdeklődőket *dr. Lakatos István* akadémikus köszöntötte, majd négy tudományos előadás hangzott el.

Az első nap záróprogramja a Bartók Béla Művelődési Házban megrendezett hagyományörző szakestély nemzetközivé kerekedett. *Dr. Csirikusz József* kohómérnök elnökletével több mint százötven bányász, kohász,

erdész, szakember, egyetemi hallgató, szakmáinkkal szimpatizáló vendég, köztük a Rotary Club Miskolc civil szervezet által támogatott argentin, brazil kanadai vendég egyetemi hallgató vidám hangulatú szakestély emlékével lett gazdagabb.

A Fazola Fesztivál szabadtéri programjai szeptember 14-én, szombaton Újmassán a Fazola műemlék-kohó térségében zajlottak. A szervezők és a házigazda MMKM Kohászati Múzeum nevében *dr. Nyitrai Dániel* üdvözölte a résztvevőket. Az OMBKE főtitkára, *dr. Lengyel Károly*,

Miskolc mj. város képviselőjében Kiss Gábor alpolgármester, a Miskolci Egyetem képviselőjében dr. Kékesi Tamás rektorhelyettes mondott ünnepi köszöntőt. A Fazola Frigyes által épített kohó 200 éves évfordulójáról dr. Krámlí Mihály PhD, az MMKM főigazgatója emlékezett meg. Az ünnepség hivatalos része a Fazola-műemlékkohó megkoszorúzásával, és a

fúvószenekar hangversenyével zárult.

Délután a Fazola-kohó térségében és a gépskanzen területén a szakmai és kulturális programok vették át a szerepet. Az igazi szakmai szenzációt az Aluinvest Kft. nagyszilárdságú fémháló alapú termékeinek kiállítása szolgáltatta, dr. Babcsán Norbert ügyvezető igazgató és munkatársai bemutatójával.

Összességében a rendezvény sikeresnek mondható, a zord idő ellenére több mint 1000 látogató volt jelen. A fiatal érdeklődők számára lehetőséget adott a műszaki szakmák megismerésére, a kapcsolódásra vágyóknak tartalmas időtöltést biztosított. Ezúton is köszönjük szakmai szponzoraink önzetlen támogatását.

Dr. Nyitrai – Sipos

6. ipari emléknapi Salgótarjánban

Egyesületünk Salgótarjáni Osztálya a szakmai hagyományok ápolására 2008-ban kezdeményezte első alkalommal Salgótarjáni Ipartörténeti Emléknapi megrendezését. E kezdeményezést felkarolta a város önkormányzata és a városban működő több civil szervezet is. A sorozatot folytatni tudták, és így 2013-ban már a hatodik ilyen emléknapi került sor.

A rendezvény szeptember 20-án volt a Dornyay Béla Múzeumban. A több évtizede működő megyei múzeum e nevet 2012. január 1-jétől vette fel. Dornyay Béla rakta le a Salgótarján város első múzeumának alapjait.

Az emléknapiokon a város iparával – elsősorban a bányászat és kohászat emlékeivel –, az üzemek történetével, az ott dolgozott jelesebb szakemberek életével, a vállalatok kulturális, sport-

életével foglalkoztak. Ez évben egy kicsit perifériális, de ugyanakkor kapcsolódó és fontos témakörökben a következő előadások hangzottak el: Közlekedésfejlesztési projekttervek Salgótarjánban; Magyar Államvasutak 145 éve; A vasúti hálózat fejlődése Nógrád megyében; A nógrádi szénmedence bányavasútjai; Az autóbussz-közlekedés megyei kialakulása, fejlődése.

E témáknak az is adott aktualitást, hogy a Pest–Salgó–Tarján vasút építésére 1863-ban kapta meg az uralkodói engedélyt – az akkori elnevezéssel – a Szent István Kőszénbánya Társulat, valamint, hogy a város közepén lévő állomást 1913-ban nyitották meg. Addig csak az ún. nagyállomáson, mai hivatalos elnevezésével Salgótarján–Külsőn lehetett le- és fel-

szállni a vonatokra, amelyek aztán átrobtak a városon észak felé.

Érdekes előadások voltak a közlekedés történelmi fejlődéséről, sok újdonságot kaptak tagtársaink is, mert ezeket az előadásokat „külső” szakemberek tartották – egy kivétellel – a Közlekedéstudományi Egyesület nógrádi csoportjának tagjai. Ki kell emelni az első előadást, amely a jelenlegi helyzettel és a fejlesztési tervekkel foglalkozott, és erről a város polgármestere, Székyné dr. Sztrémi Melinda tartott ismertetést.

Az előző években az elhangzott előadások anyagát egy-egy kis nyomtatott füzetben az érdeklődők megkapták, amelyre most is sor kerül majd a város önkormányzatának támogatásával.

Liptay Péter

Szakmai Nap Kecskeméten

Látogatás a Mercedes–Benz Manufacturing Kft. Kecskeméti Gyárában

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály budapesti és kecskeméti helyi szervezete az OMBKE LEAN Szakcsoportjával közös szervezésében, 2013. október 25-én szakmai napot tartott Kecskeméten. A rendezvényen a két helyi szervezet és a LEAN Szakcsoport tagjain túl a szakosztályvezetés is részt vett, számos patronáló cég képviselőivel együtt.

A szakmai nap 10 órakor, a Kecskeméti Főiskola GAMF Kar Járőműtechnológia Tanszékén kezdődött, ahol a kecskeméti helyi szervezet elnöke, Dánfy László köszöntötte a résztvevőket. Majd dr. Ailer Piroška rektorasszony vette át a szót, aki tájé-

koztatást adott a főiskola szakirányú képzéseiről, különös tekintettel a felsőfokú gyakorlatorientált (duális) mérőőkképzésről, amit német példára a Mercedes–Benz és a Knorr–Bremse cégekkel 2010-ben megkötött együttműködési megállapodások alapján, a 2012 novemberében átadott, új Járőműtechnológia Tanszéken folytatnak. Idén már a második évfolyamot indították el, és a járőűipari szak mellett a műszaki informatikus és a gépészmérőőki szakokon is bevezették az új képzési formát.

Dr. Lukács Pál mb. tanszékvezető előadásában részletesen ismertette a

tanszéken folyó képzési tevékenységet. A tananyagot a győri Széchenyi István Egyetem és a BME hasonló szakági közreműködésével készítetik elő akkreditálásra. Ebben az évben a szak két évfolyamának 110 hallgatójából már 45-en vesznek részt a duális képzésben. A kar terveiben – a hét féléves képzési időre számítva – a hallgatók 30 majd 50%-át kívánják bevonni ebbe a képzési formába. A tanszéki laboratóriumok bemutatása után a Bay-Ati miskolc-tapolcai telephelyén közösen végzett kutatótevékenységüket ismertette, amely az alumíniumhab kompozitok gyártástechnológiájának kidolgozására terjed ki,



■ 1. kép. Kísérleti versenyjármű a főiskola laboratóriumában



■ 2. kép. „Fékpád” a főiskola laboratóriumában

és a szendvicsszerkezetekkel is foglalkoznak.

Az előadást követően a hallgatóságot egy laboratóriumi látogatásra invitálta, ahol az aknás járművizsgáló, a festő-fényező, a gyorsított korróziós és a dinamikus motorfék laboratóriumokat mutatták be a kollégáik segítségével. A telepített berendezéseket bérmegebízások teljesítésére is hasznosítják, beleértve a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft.-t is, amely számára a gyakorlatok során fogadják az ottani képzésben résztvevő hallgatókat (1–2. kép).

A laboratóriumi látogatást követően a Fémkohászati Szakosztály vezetése kibővített ülés keretében ismertette az OMBKE választmányi ülésén hozott döntéseket, a 2013. évi miskolci Fémkohászati Napok programját és a 2014. évi tisztújítással kapcsolatos feladatokat. Ezen az ülésen a szakosztály vezetése támogatónak tudomásul vette az OMBKE LEAN Szakcsoport 8 fővel történő megalakulását Csonka László elnök

rövid beszámolója és a Működési Szabályzat áttekintése alapján.

A szakmai nap a Mercedes-Benz kecskeméti autógyárában gyárlátogatással folytatódott (3. kép). A Daimler Konzern 2008-ban döntött a kecskeméti telephelyű üzem felépítéséről. Ma a gyár 190 hektár bekerített területtel és további 280 hektár fejlesztési telekkel rendelkezik. Jelenleg már több mint 3000 helyi munkavállalót foglalkoztat. A kezdetben gyártott B-osztály mellett, a kizárólag Kecskeméten gyártott CLA típust is itt készítik. A présüzem három műszakban, a többi gyárrészleg két műszakban termel. A présmű ma már németországi igényekre is termel, és gondolkodnak a fejlesztéséről is. Alumínium- és acélszalagból folyamatosan vagy előre levágott teríték lemezekből, öt Schuler és egy Fagor gyártmányú présen dolgoznak. A pincetérben kialakított szállítórendszerrel biztosítják a vágási hulladékok megfelelő kezelését.

A karosszériaüzemben a robotok csoportokban dolgoznak a szalagok mellett. A karosszériaelemeket kézzel töltik fel az ott dolgozó kiszolgálók, akikhez programozott módon „just in time” rendszerben, tárolókban érkezik a megfelelő alkatrész. A karosszéria elemeinek összeillesztése

ellenállás ponthegeztéssel, lézerforrasztással, ragasztással, peremezés-sel és egyéb technológiai megoldásokkal áll össze. Innen a fényezőüzembe kerül, ahol minden járműkarosszéria öt festék és lakkréteget kap (katódmerítéses technikától a robottal történő elektrosztatikus fényezésig). A kész karosszéria az egyes rétegek beégetését követően jut a központi karosszériatárolóba, ahonnan programozott módon kerül az összeszerelő üzembe. Az összeszerelt autó a karosszéria tömítettségének ellenőrzésére egy nagynyomású esőztető kamrán megy keresztül, majd az összes dokumentációval együtt, saját kerekein gördül ki a gyári „kis próbapályára”. Ezután a kész autókat szűrőpróbaszerűen a szintén a gyár területén lévő tesztpályára viszik a motorgyorsulás és a fékút-fékhata ellenőrzésére.

Az üzemlátogatás után az OMBKE tagjainak külön előadásokban volt részük, ahol a gyár telephelyének kiválasztásával kapcsolatos elemzéssel és a létesítés lépcsőivel ismertette meg az újonnan megalakult OMBKE LEAN Szakcsoport titkára Szabóné Simon Katalin. Előadónk később bevezetett a Mercedes Production System és a Six Sigma Program rejtjelmeibe is, de előtte átvezetésekként Kovács Albert mérnök kolléga tartott egy szakmai prezentációt a korábban meglátogatott présüzemről.

Kilépve a gyárkapun, kissé elfáradva, de sok-sok szakmai ismerettel gazdagodva szálltunk be az autóinkba.

✍️ Dánfy László, Csonka László



■ 3. kép. A csoport a gyár bejáratánál

Luca-napi szakestély a budapesti vaskohászoknál

A vaskohászok Budapesti Helyi Szervezete december 13-án tartotta a hagyományos Luca-napi szakestélyét a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés dísztermében. Az immár a 15. alkalommal megrendezett szakestély ebben az évben egyben a csepeli acélgyártás jubileumát is ünnepelte, mivel a korábban létrehozott üzemekből 1913-ban alakult meg a Weiss Manfréd Acél- és Fémművei Rt. A szakestély kezdetén az elnök – *dr. Réger Mihály* – megválasztása után *dr. Csirikusz József*, a helyi szervezet

elnöke röviden beszámolt a 2013-as évi tevékenységről és a 2014-es tervekről. A komoly pohár keretében *Balázs Tamás*, a BKL Kohászat felelős szerkesztője a Weiss Manfréd Művekre és az 1989-es rendszerváltást megelőző csepeli ipartörténetre emlékezett. Az elmondottakhoz *Faragó Péter*, a Flansch Tech Kft. ügyvezetője kapcsolódott, aki az utóbbi két évtized csepeli eredményeit mutatta be látványos képekkel illusztrálva. *Sáfár László* igen vidám pohara után a hozzászólók – többek között a 93

éves *Szöke Laci* bácsi – a budapesti, illetve magyarországi kohászattal kapcsolatos történeteket és emlékeket elevenítettek fel. A jó hangulat kialakulásában nagy szerepe volt a selmeci nóták gyakori éneklésének és a fuhrwerke közreműködésének (az Óbudai Egyetem Bánki Kar diákjai), akik a szünetben krampampulit szolgáltattak fel, és egyébként rendületlenül pótolták a szakestély hivatalos, gyorsan fogyó italát is.

BT



■ Munkában a cantus praeses



■ Dr. Szöke László anekdotázik

Emlékeztető az OMBKE választmányi üléséről

A választmány 2013. december 11-én Budapesten, az Október 6. u. 7-ben, a MVAE tanácstermében tartotta évzáró ülését.

Az ülésen *dr. Nagy Lajos* elnök napirend előtt megemlékezett az előző ülés óta elhunyt *dr. Pethő Szilveszter* okl. bányamérnök, tiszteleti tag, és *Szablyár Péter* okl. kohómérnök, geológus, tagtársainkról.

A határozatképesség megállapítása után a választmány egyhangúlag elfogadta a napirendet.

Az 1. napirendi pontban *dr. Nagy Lajos* röviden ismertette a szakmáink helyzetével kapcsolatos véleményét és a legfrissebb eseményeket. Úgy látja, hogy az utóbbi időben nem igazán aktív a kormányzati hozzáállás a bányászat ügyeinek támogatásában.

A bányászatban jobb kommunikációra és szakmailag megalapozott vízióra is szükség lenne. Megítélése szerint a kisebb szénbányák megnyitása elősegíthetné a lakosság tüzelőanyagellátását is.

2. napirendi pont: *dr. Lengyel Károly* főtitkár ismertette a tisztújításra történő felkészülés feladatait, a kapcsolatos információkat.

Az egyesületi küldöttgyűlés várhatóan 2014. május 23-án, pénteken lesz a Miskolci Egyetemen. 23-án délután és este az Egyetemi Osztály szakmai illetve kulturális programot szervez. 24-én a korábbi és az újonnan megválasztott testületek tagjai, valamint a meghívottak Telkibányán tartanak összejövetelt.

Az egyesületi küldöttgyűlés küldött-

létszáma az Alapszabály szerint szakosztályonként és helyi szervezetenként meghatározásra került, az összlétszám 186 fő.

A választmányi tagok létszáma 23 fő a következő összetétel szerint:

- elnök, exelnök, főtitkár, főtitkárhelyettes (4 fő),
- szakosztály elnökök és titkárok (12 fő),
- a Salgótarjáni Osztály elnöke (1 fő),
- a Bányászati Szakosztály által választott további 5 fő,
- a Vaskohászati Szakosztály által választott további 1 fő.

A szakosztályok megválasztották a saját jelölőbizottságaik elnökeit, akik ezáltal az egyesületi jelölőbizottság tagjaivá váltak:

Bányászati Szakosztály: *dr. Korompay Péter* okl. bányamérnök,

Kőolaj-, Földgáz-, Vízbányászati Szakosztály: *Müller János* okl. olajmérnök, Vaskohászati Szakosztály: *Felföldiné Kovács Ágnes* okl. kohómérnök, Fémkohászati Szakosztály: *Hajnal János* okl. kohómérnök, Öntészeti Szakosztály: *dr. Ládai Jenő Balázs* okl. kohómérnök, Egyetemi Osztály: *dr. Károly Gyula* okl. kohómérnök, Salgótarjáni Osztály: *Szabó Ferenc* okl. bányamérnök, a jelölőbizottság elnökének *dr. Dúl Jenő* okl. kohómérnököt javasoljuk felkérni.

A választmány egyhangú szavazással jóváhagyta a főtítkár előterjesztését.

A 3. napirendi pontban Csaszlava Jenő, az Érembizottság elnöke javaslatot tett a 2014. évi egyesületi kitüntetési keretszámokra, mégpedig 12-12

főre mind az emlékérmek, mind a plakettek, mind az oklevelek terén. Szent Borbála-érem miniszteri kitüntetésre vonatkozóan az előző évhez hasonlóan három bányász és négy kohász javaslatot várnak.

Kérte a szakosztályokat, hogy lehetőség szerint kerüljék el a „kettős” kitüntetéseket, azaz aki Sóltz Vilmos-emlékéremben részesül, ne abban az évben kapjon más egyesületi kitüntetést is.

Az OMBKE kitüntetésekre a személyi javaslatokat a szakosztályok 2014. március 31-ig indoklással együtt küldjék meg az OMBKE címére: ombke@ombkenet.hu.

A Szent Borbála-éremre vonatkozó javaslatot 2014. június 30-ig kell az egyesülethez beküldeni.

Az előterjesztést a választmány egyhangúlag elfogadta.

A 4. napirendi pontban dr. Gagyi Pálffy András ügyvezető igazgató azt terjesztette elő, hogy 2014-ben az éves egyéni tagdíj mértéke ne változzon az előző évihez képest

A választmány a javaslatot egyhangúlag elfogadta.

5. napirendi pont: Tájékoztatás az elmúlt időszak nagyrendezvényeiről

A 6. napirendi pont, egyebekben:

Dr. Nagy Lajos tájékoztatást adott arról, hogy dr. Horn János szerkesztésében megjelent egy újabb „Életutak” könyv a kohászatban dolgozó neves szakemberekről. Dr. Lengyel Károly ismertette, hogy kezdeményezés indult a miskolci vaskohászat 250 éves évfordulójára egy Fazola-szobor felállítására.

Készült dr. Gagyi Pálffy András jegyzőkönyve alapján

■ FELSZÓOKTATÁS

A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei

• Cseh Dávid, a Műszaki Anyagtudományi Kar 2013-ban végzett anyagmérnök hallgatója, jelenleg doktorandusza 2013. november 18-án, Budapesten, a Magyar Tudományos Akadémia dísztermében vehette át kiváló tanulmányi eredményeiért és kimagasló tudományos diákköri tevékenységéért az egyetemisták számára adható legmagasabb kitüntetést, a Pro Scientia Aranyérmet (1. kép). Az Országos Tudományos Diákköri Tanács ugyanezen Díjkiosztó Ünnepségen kiemelkedő témavezetői és tudományos diákköri szervezői munkájáért Mestertanár kitüntetésben részesítette Dávid témavezető oktatóját, dr. Mertinger Valériát, a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet igazgatóhelyettes egyetemi tanárát (2. kép). A kitüntetéseket dr. Pállinkás József, az MTA elnöke, valamint dr. Szendrő Péter, az OTDT elnöke adta át.

• 2013. november 21-én került megrendezésre a Műszaki Anyagtudományi Kar Tudományos Diákköri (TDK) Konferenciája, ahol hat szekcióban 40 dolgozatot mutattak be hall-



■ 1. kép. Cseh Dávid

gatóink. A rendezvény az előző évekhez hasonlóan magas szakmai színvonalon zajlott, számos rendkívül értékes pályaművet, kutatási eredményt prezentáltak a résztvevők. A hat szekció győztesei (1. díjas dolgozatot készítő hallgatóink) és konzulenseik:

Somlyai-Sipos László BSc (dr. Baumli Péter adjunktus, dr. Kaptay György egy. tanár)

Tatárka Eszter BSc (dr. Mende Tamás adjunktus)

Báthory Csongor MSc (dr. Palotás Árpád Bence egy. tanár, dr. Szemmelveisz Tamásné egy. docens)

Filep Ádám MSc (dr. Benke Márton tud. segédmunkatárs)



■ 2. kép. Dr. Mertinger Valéria

Lipusz Dóra MSc (dr. Gömze A. László, egy. tanár)

Kulcsár Tibor MSc (dr. Kékesi Tamás, egy. tanár)

• 2013 decemberében és 2014 januárjában hét záróvizsga-bizottság előtt 40 végzős hallgató mutatta be szakdolgozatát, diplomamunkáját, és adott számot szakmai tudásáról. Osztatlan egyetemi képzésben 1 fő (metallurgia szakirány), alapképzésben 25 fő (hőkezelés, öntészet, hőenergia-gazdálkodás, polimertechnológia, fémelőállítás, szilikástechnológia, valamint vegyipari technológia szakirányokon), mesterképzésben 14 fő (fémek hőkezelése, hőenergia-gaz-



■ 3. kép. A MAK foci csapata

dálkodás, polimermérnök, valamint fémelőállítási és hulladékfeldolgozási szakirányokon) zárta tanulmányait.

- 2014 januárjában ünnepelte fennállása 1 éves évfordulóját a Műszaki Anyagtudományi Kar oktatói női-férfi vegyes foci csapata. Az oktatókból, munkatársakból és doktorandusz hallgatókból verbuválódott társaság heti rendszerességgel rúgja a bőrt az Egyetemen, ezáltal – csapatépítő jelleggel – gondoskodnak a szellemi és testi frissességük megőrzéséről (3. kép).

- 2014. február 13-án az egyetem díszaulájában rendezték meg a Mű-

mérnök MSc-szak nappali tagozaton 8 fő, levelező tagozaton 3 fő, kohómérnök MSc-szak nappali tagozaton 2 fő kapta kézhez diplomáját. A diplomaosztó ünnepség keretében Lévai Gábor átvette az egyetem rektorától PhD-oklevelét.

A Miskolci Egyetem Szenátusa a Petrolkémiai Technológia TVK Kihelyezett Intézeti Tanszék vezetése, valamint a Kémiai Intézetben és a Kihelyezett Intézeti Tanszéken végzett oktatási tevékenysége elismeréseként címzetes egyetemi tanár címet adományozott dr. Gál Tivadar részére. Szintén címzetes egyetemi tanári

szaki Anyagtudományi Kar diplomaosztó ünnepségét. A 2013/2014. tanév I. félévében abszolutóriumot szerzett 42 fő, sikeres záróvizsgát tett 40 fő, közülük oklevelet 28 fő vehetett át.

Anyagmérnöki BSc-szak nappali tagozaton 12 fő, levelező tagozaton 3 fő, anyag-

címet kapott Woperáné dr. Serédi Ágnes, a Kar oktatójaként az Egyetem érdekében végzett sok évtizedes, és jelenleg is tartó önzetlen és magas színvonalon végzett munkájáért, valamint az energiagazdálkodás és a légkör környezetvédelme területén folytatott, a szakma által is elismert oktatási és kutatási tevékenységéért. A Szenátus dr. Grega Oszkárt a Kar képzési és kutatási profilját erősítő vas- és acélmetallurgiai szakterület gondozásában és továbbfejlesztésében végzett önzetlen, eredményes közreműködéséért címzetes egyetemi docens címmel tüntette ki. Dr. Tóth Levente, nyugalmazott egyetemi docens közel fél évszázadon keresztül folytatott magas színvonalú oktatói és kutatói munkáját Verő József-emlékéremmel, dr. Kocserha István egyetemi docens a Kar oktatási és kutatási tevékenységében nyújtott segítő munkásságát pedig Pro Facultate Ingeniariorum Metalurgiae-emlékéremmel ismerte el a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja, dr. Gácsai Zoltán. A 2013. évi NEMAK-díjat Mádi Laura Johanna, BSc-képzésben résztvevő anyagmérnök hallgató nyerte. A díjat Braun Zsolt, a NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft. műszaki igazgatója adta át.

✎ Mende Tamás

KAN – A ma tudománya – a holnap gyakorlata

A Dunaújvárosi Főiskola kutatóinak hozzájárulása az OATK sikeréhez

A Kohászati Anyagvizsgáló Napok (KAN) jogutódjaként a '90-es évek közepén létrehozott Országos Anyagtudományi Konferencia (OATK) immár kilencedik rendezvényéhez érkezett. A két és félnapos konferencia megrendezésére 2013. október 13–15. között a balatonkenesei Telecom Hotelben került sor, az eddigi konferenciák részvételi számát lényegesen meghaladó, mintegy 190 résztvevővel.

A vasárnap délutáni program két részből tevődött össze. Elsőként előadás hangzott el a modern, elsősorban analitikai módszereknek a bűnügyi nyomozati munkában való alkalmazási lehetőségeiről. Tóth Péter főtanácsos, a BSZKI Fizikai és Szerzetlen Analitikai Laboratóriumának

vezetője számos érdekes esetet mutatott be, amelyek megoldásában az említett módszerek meghatározó szerepet játszottak.

A nyitófogadás kiemelkedő eseménye a Magyar Anyagtudományi Egyesület díjának átadása volt. Az egyesület vezetőségének javaslatára a harmadízben átadott érmet Csanády Andrásné dr. Bodoky Ágnes, az MTA doktora kapta meg. Dr. Gyulai József, az MTA rendes tagja, a MAE elnöke a díj átadásakor meleg szavakkal méltatta a kitüntetett szakmai pályafutását, külön kitérve a nanotechnológiai kutatásokban elért eredményeire.

A konferencián a Dunaújvárosi Főiskola Műszaki Intézetének oktatói, kutatói jelentősen hozzájárultak a

tudományos program színvonalának emeléséhez, különös tekintettel a „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása” című TÁMOP projektben elért eredményeik bemutatásával.

A Dunaújvárosi Főiskola részéről három szóbeli és három poszter-előadás szerepelt a programban. Az előadások közül négy az intenzív képlekeny alakítás témakörével, egy a pácoló szimulátorral, egy pedig a reaktortartály anyagának kisciklusú fárasztóvizsgálati eredményeivel foglalkozott. A reaktortartály anyagában lejátszódó öregedési folyamatokkal kapcsolatban dr. Kaptay György professzor tartott előadást, aki a Bay Zoltán nonprofit kft. munkatársaként

számolt be a már említett TÁMOP projekt keretén belül elért eredményeiről.

A Dunaújvárosi Főiskola kutatóinak előadása, poszterei a következő témaköröket mutatták be:

Ladányi Gábor – Pázmán Judit – Verő Balázs: Intenzív képlékenyalakítás hatása különböző fémes anyagok tulajdonságaira.

Munkájuk során három intenzív képlékenyalakításnak kitett felületen középpontos szabályos rácsú fémek viselkedését vizsgálták. Az 1-, 2-, 4-, 7- és 10-szer átsajtolt próbatesteken mikrokeménységet mértek és azokról fénymikroszkópos felvételeket készítettek.

Pázmán Judit – Fehér Jánosné – Verő Balázs: AlMgSi1 ötvözet mesterséges nemesedésének vizsgálata többtengelyű kovácsolással megmunkált mintákon.

Az előadás a szilárdságnövelő mechanizmusokkal foglalkozott az additivitás szempontjából. A kutatómunka során kereskedelmi tisztaságú alumínium, majd AlMgSi1 ötvözet mechanikai tulajdonságainak változásait vizsgálták homogenizálást, természetes öregítést, mesterséges öregítést, többirányú ková-

csolást, valamint alakítás és mesterséges öregítést követően. Továbbá vizsgálták azt is, hogy az ötvözés során megvalósuló kristályrács torzító hatása, hőkezelés során a kiválások létrejötte, valamint az alakítás során a diszlokáció-sűrűség növekedése hogyan hat a vizsgált anyag keménységére.

Jóni Bertalan – Ungár Tamás – Verő Balázs: Cu-mintában könyöksajtolás során lejátszódó mikroszerkezeti változások vizsgálata röntgendiffrakciós vonalprofil analízissel.

Az előadásban bemutatták, hogy egy könyöksajtolási folyamat során a deformáció megszakításával létrehozott réz mintadarabban hogyan fejlődik a mikroszerkezet és az olyan anyagjellemzők mint a diszlokáció-sűrűség, a koherens szórótartomány mérete, az ikerhatársűrűség és mikrokeménység a fő nyírási síktól vett távolság függvényében.

Csepeli Zsolt – Bereczki Péter – Verő Balázs – Kardos Ibolya – Szabó Péter János: A képlékeny alakváltozással bevitt többletenergia az allotróp átalakulás kezdőhőmérsékletére gyakorolt hatásának vizsgálata.

A munka célja az alakítással bevitt energia hatásának kimutatása volt az ausztenit átalakulási hőmérsékletére. A Gleeble fizikai szimulátorral végzett kísérletek során egyértelmű összefüggést figyeltek meg az alakítás hőmérséklete és az ausztenit átalakulásának kezdő, illetve befejező hőmérséklete között. Az alakítás hőmérsékletének csökkentése finomabb szövet-szerkezet kialakulását eredményezte.

Péter László – Santa Orsolya – Szabados Ottó –

Verő Balázs: Acéllemezek sósavas pácolásának szimulációja: a berendezés felépítése és a szimuláció eredményei.

Az acéllemezek ipari körülmények között végzett sósavas pácolásának fizikai szimulációjához teljesen automatizált és programozható laboratóriumi berendezést fejlesztettek ki. A kutatási program első szakaszában melegen és hidegen hengerelt acéllemezek pácvesztességét vizsgálták a pácoltatott összetételének, hőmérsékletének, az áramlási sebességnek és a pácolási időnek a függvényében.

Fekete Balázs – Bereczki Péter – Trampus Péter: VVER-440 reaktorberendezésben alkalmazott acélok izotermikus kisciklusú fárasztóvizsgálatának eredményei.

A kutatás során a VVER-440 reaktorberendezésben alkalmazott szerkezeti acélok, emelt hőmérsékletű kisciklusú mechanikai fáradás hatására létrejövő károsodási folyamatát vizsgálták. A mesterséges öregítést a Gleeble technológiai szimulátoron alakváltozás-vezérléssel, négy különböző terhelési szinten valósították meg. A próbatestek fémtani vizsgálata mellett a fárasztóvizsgálat eredményeit képlékeny alakváltozás amplitúdóra és képlékeny alakváltozási munkára épülő elméletek segítségével értékelték.

A konferencia tudományos programját a *dr. Trampus Péternek*, a TÁMOP projekt szakmai vezetőjének moderálásával lezajlott kerekasztal-beszélgetés tette teljessé.

A „A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbításának anyagtudományi vonatkozásai” címmel meghirdetett kerekasztal-beszélgetésnek mintegy 30 résztvevője volt. A közel másfél órás beszélgetés a témakör számos kérdését érintette.

Dr. Szabó Péter János, az OATK szervező bizottságának elnöke a zárórendezvényen azzal búcsúzott el a résztvevőktől, hogy a következő konferencia már a tizedik lesz ebben a sorozatban, és ezt a jubileumi konferenciát igyekeznek majd az alkalomhoz illő és méltó körülmények között megrendezni.

Dr. Verő Balázs



■ A MAE-díj elismerő oklevele

Beszámoló az MTA Metallurgiai Tudományos Bizottságának 2013. évi munkájáról

A tudományos állandó bizottság 2013. évi tevékenysége elsősorban a fémipari öntéstechnológiai-metallurgiai tudományterületek hazai fejlődésére irányult. E mellett foglalkozott a fémelőállító iparágak energiafelhasználásával kapcsolatos stratégiai kérdésekkel, továbbá a környezetbiztonságos fémesanyag-felhasználás és -visszanyerés nemzetközi elvárásainak megfelelő anyag- és energia-takarékos megoldásokat megalapozó kutatás-fejlesztési tevékenységek nyomán követésével és támogatásával mind a hazai kutatóintézetekben, mind pedig az egyetemi kutatóhelyeken, mint például a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán és annak intézeteiben. A Metallurgiai Tudományos Bizottság, mint korábban, a 2013. év során is törekedett az akadémiai kutatóintézeti kapcsolatai mellett az iparági kapcsolatainak érdemi fejlesztésére.

A Tudományos Bizottság ülései 2013-ban

2013. március 20. MTA Energiatudományi Kutatóközpont

1. Köszöntő és tájékoztató az intézetben folyó kutatásokról. Előadó: Horváth Ákos, az MTA EK főigazgatója
2. Látogatás a kísérleti atomreaktornál

3. Köztisztviselési felvételi kérelmek véleményezése. A Bizottság *Bollobás József, Diaconu Vasile Lucian, Harcsik Béla, Kovács Sándor, Molnár Dániel, Svidró József Tamás, Szombatfalvy Anna* köztisztviselési felvételi kérelmét támogatta.

2013. június 10. MTA Titkársága

1. Gaál István habituszvizsgálati eljárása. Előterjesztő: Tardy Pál és Kapitay György. A Bizottság Gaál István habituszvizsgálati eljárását támogatta.
2. Köztisztviselési felvételi kérelmek véleményezése. A Bizottság *Détári Anikó, Pintér Richárd, Szabó Richárd, Taszner Zoltán* köztisztviselési felvételi kérelmét támogatta.

2013. november 25. MAGYARMET Bt. telephelye, Bicske

1. Megnyitó. Török Tamás elnök és Győri Imre ügyvezető igazgató
2. Előadások
 - 2.1. Az EU energia- és klímapolitikája az energiaszektor ágazatok szempontjából. Előadó: Tardy Pál
 - 2.2. Tájékoztató az oktatói-kutatói utánpótlás megoldására irányuló tevékenységről. Előadó: Gács Zoltán
 - 2.3. MAGYARMET Magyarország vezető precíziós öntődéje. Előadó: Győri Imre
3. Üzemlátogatás

Az előadások anyaga megtalálható az MTA honlapján.

Közreműködés szakmai rendezvények szervezésében

A Metallurgiai Tudományos Bizottság együttműködő partnerként segítette a 2013. április 10–11-én megrendezett XXVIII. MicroCAD Nemzetközi Tudományos Konferenciát a Miskolci Egyetemen. A Metallurgia-Öntészet szekcióban 12 szakmai-tudományos előadás hangzott el.

Egyéb tevékenység

A Metallurgiai Tudományos Bizottság segítette a „A felsőoktatás minőségének javítása kiválósági központok fejlesztésére alapozva a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területein” (TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001) projekt teljesítését és az eredményeit bemutató konferencia megrendezését a Miskolci Egyetemen 2013. május 23-án. A projektben a Miskolci Egyetem metallurgiai és anyagtudományi kutatási tevékenységéről készített publikációk a BKL Kohászat címszámában (2013/1.), a Trans Tech Publications kiadásában a Materials Science at University of Miskolc kiadványában nyomtatásban megjelentek.

SZENTE TÜNDE

Egy tudományos folyóirat metamorfózisa

A Dunaferri Alkotói Alapítvány kuratóriuma Dunaferri szakmai publikációért díjjal részesítette az „Egy tudományos folyóirat metamorfózisa” című pályaművet. A szerző 2013 júniusában vehette át az elismerést. A tanulmány az ISD Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények 2013. 1. számában teljes egészében olvasható.

Szente Tünde a folyóirat rovatvezetője.

Dunaújváros – A Dunaferri Műszaki Gazdasági Közleményeket 1960-ban hozták létre. A fél évszázados múltat maga mögött hagyó folyóirat története a hazai vaskohászat szerves része, a benne folyó műhelymunka egyedülállóan számít még ma is. Éppen ezért a lap történetének feldolgozása szakmatörténeti érdekesség.

A folyóirat I. évfolyamának 1. száma a Dunai Vasmű Műszaki Gazdasági Közleményei címen jelent meg

1960-ban, a Dunai Vasmű Igazgatósága és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület helyi csoportja adta ki, a kiadásért Borovszky Ambrus felelt.

A Dunai Vasmű vezetősége és az OMBKE vasműben dolgozó tagjai részéről 1959 őszén vetődött fel a gondolat, hogy a műszaki és gazdasági szakemberek részére lehetőséget kellene biztosítani a munkájuk során szerzett tapasztalatok és elméleti

elgondolásaik publikálására. Az akkori műszaki értekezlet tagjai kapták a feladatot az időközi műszaki folyóirat indítására. A lapkiadást előkészítő csoport tagjai Éles László, Asztalos Tibor és Budai Tibor voltak. A célkitűzésben szerepelt, hogy a Dunai Vasmű folyóirat társlapja legyen a Bányászati és Kohászati Lapoknak. Pilter Pál főszerkesztő és Éles László szerkesztő 1963-ig irányították a szerkesztőbizottság munkáját. A vasműtől a Vasipari Kutató Intézethez távozásuk után a szerkesztőbizottság élére Répási Gellért és Réti Vilmos kerültek. A szerkesztésbe 1966-tól Vida Imre is bekapcsolódott. A felelős kiadó 1963-tól Závodi Imre volt, a következő évtől azonban ismét Borovszky Ambrus lett.

Az 1970-es évek elején a vasmű gyártási technológiai vertikumának jelentős kiszélesedése következtében szükségessé vált a szerkesztőbizottság bővítése. A Répási Gellért vezette szerkesztőség tagjai: Asztalos Tibor, Réti Vilmos és Szabó Ferenc. Cikkek jelentek meg az OMBKE és a Vasmű közös szervezésű konferenciáiról, a vasműs történekekről, műszaki fejlesztésekről, a lap példányszáma a kezdetei 1000-ról 1200-ra emelkedett.

Az 1970-es évtized közepén a szerkesztési munka színvonalában jelentős visszaesés következett be, ennek köszönhetően a lap 1976-ban nem jelent meg. Szükségessé vált a szerkesztőbizottság újjászervezése. A folyóiratot 1977-től a Fejér Megyei Lapkiadó Vállalat adta ki, felelős szerkesztő Szamosi György, a szerkesztőbizottság tagjai: dr. Szabó Ferenc, dr. Répási Gellért, Réti Vilmos, Szabó Géza, Szalay Géza, Szegedi József. Az 1977–78. évi ideiglenes szerkesztőbizottság után az 1979-ben felállt csapat alapvető célkitűzésének tekintette a lap jó hagyományainak folytatását, ezért fokozottabban kívánta igénybe venni az OMBKE helyi szervezetének és ezen keresztül a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Kara szakembereinek segítségét. Az ily módon felállt szerkesztőbizottság tagjai: dr. Szabó Ferenc, dr. Répási Gellért, Zsámbok Elemér, Kővári László, Acél Gábor, Komlós Antal, Pálvölgyi Henrik, Szalay Géza. A bizottság tagjai közül Acél Gábor újságíró kilépett, Komlós Antal elhalálozott. Dr. Répási Gellértet Bo-

szik Imre, őt pedig Szabó József váltotta.

„A Dunaferri Dunai Vasmű Műszaki Gazdasági Közleményei olvasói köréből nyert információk szerint a lap cikkeiből nyomon követhetők mindazon fontosabb metallurgiai, technológiai, szervezési, szervezeti változások, a kutatásban, fejlesztésben elért eredmények, az automatizálásban, számítástechnikában alkalmazott módszerek, melyek a saját, illetve a kapcsolódó szakterületek legfrissebb eredményei terén való tájékozódást megkönnyítik” – olvasható az 1991-ben végzett tartalomelemzés nyomán. Fontossá vált a szerkesztőbizottság fiatalítása, így Horváth István vezérigazgató 1992. július 1-jén hagyta jóvá a szerkesztőség összetételét: Dr. Szücs László felelős szerkesztő, Zsámbok Elemér olvasószerkesztő, Kővári László technikai szerkesztő, Szabó Gyula rovatvezető. Azáltal, hogy rendszeressé vált a lapokban a történeti cikkek közlése, az olvasók, így a vasműs műszaki, gazdasági szakemberek ebbéli látás- és gondolkodásmódját formálta.

Az évenkénti két-, háromszori megjelenés 1981-ig tartott, amikortól már négy számot készítettek, esetenként két számot összevonva. A lap 1994-től a Dunaferri Alkotói Alapítvány kezelésébe került át, a szerkesztőség összetétele a változásokhoz igazodott: Dr. Szücs László felelős szerkesztő, Zsámbok Elemér olvasószerkesztő, Kővári László technikai szerkesztő, a rovatvezetők: Szabó Gyula, Sente Tünde, Fülöp József, Mányi András. A lapszámok az évek során küllemükben is változtak, a Dunaferri arculatát követve. Az elnevezése 1995-től Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények lett, a folyóiratot a Dunatáj Kiadói Kft. adta ki. Időközben újabb személyi változások történtek, Mányi András átadta helyét Hevesiné Kővári



■ A szerkesztőbizottság tagjai. Balról: Szabó Gyula, Hevesiné Kővári Éva, Felföldiné Kovács Ágnes, dr. Szabó Zoltán, dr. Szücs László, Sente Tünde, Késmárky Péter és Kővári László

Évának, grafikai tervezőre is szükség lett, Késmárky Péter személyében. Zsámbok Elemér leköszönésével pedig dr. Szabó Zoltánra esett a választás a folyóirat olvasószerkesztői teendőinek ellátásában.

Szakmai tapasztalatszerzés céljából látogatta meg a szerkesztőbizottság a Stahl und Eisen düsseldorfi szerkesztőségét 1999-ben, a következő évben a Revue de Metallurgie párizsi székhelyére utazott. A folyóirat követve a kor követelményeit, 2006 óta az interneten keresztül is elérhető. A Dunaferri integrációs folyamatában a lapot gondozó Dunatáj Kiadói Kft. beolvadt a Dunaferri Részvénytársaságba, így a szakmai felügyeleten túl a kiadásért a Dunaferri Alkotói Alapítvány felel 2007 óta.

A szerkesztőségben folyó műhelymunkát egy régóta összeszokott kollektíva végzi, amelynek tagjai aktív részesei a szakmai közéletnek, jelen vannak minden olyan fórumon, ahol publikálásra érett gondolatok hangzhatnak el. A rovatvezetők nem egyszer maguk is szerzők, s tapasztalataik okán segítik a cikkek elkészültét, a tartalmi és formai követelményeknek való megfelelést. A szerkesztőség jelenlegi összetétele: Dr. Szücs László főszerkesztő, Jakab Sándor felelős szerkesztő, dr. Szabó Zoltán olvasószerkesztő, Kővári László technikai szerkesztő, Késmárky Péter grafikai szerkesztő, Felföldiné Kovács Ágnes, Hevesiné Kővári Éva, Szabó Gyula, Sente Tünde rovatvezetők.

Tisztelt Olvasók, tisztelt Tagtársak!

2012-ben úgy döntöttünk, hogy minden év elején a 70 év feletti, kerek születésnapot ünneplő tagtársainkat nevük felsorolásával köszöntjük lapunkban.

A 70. évet ebben az évben betöltő tagtársainknak, akiket születésnapjukon először köszönhetünk ezen a módon, felkérő levelet küldtünk, hogy nekik a korábbi gyakorlat szerint rövid életútjuk és fényképük közlésével is gratulálhassunk.

Természetesen továbbra is lehetőséget adunk arra, hogy a szakosztályok vezetősége és a lapba író szerzők a nevezetes születésnapot ünneplő tagtársainkról interjú formájában megemlékezzenek.

Balázs Tamás
felelős szerkesztő

2014-ben jubiláló tagtársainknak szeretettel gratulálunk, további jó egészséget és még sok békés, boldog évet kívánunk!

100. születésnapját ünnepli

Dr. Patay Pál

Öntészeti Szakosztály

90. születésnapját ünnepli

Dr. Dworák József

Horváth György

Harrach Walter

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

85. születésnapját ünnepli

Dr. Szabó Lajos

Kovács László

Boda György

Szalay Géza

Tóth Ferencné

Fogarasi Béla

Dr. Paksy László

Dr. Szeghegyi Árpád

Vaskohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

80. születésnapját ünnepli

Tokár István

Sütő Zoltán

Szj Zoltán

Laár Tiborné dr. Endrődi Mária

Hédai Lajos

Márkus László

Gönczi Pál

Buczko János

Haller János

Monostory László

Limpár István

Dr. Klug Ottó

Öntészeti Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

75. születésnapját ünnepli

Solymos Ernő

Göbölös Károly

Dr. Bacskai Antal

Ujházi Gyula

Dr. Hanák János

Dr. Szegedi József

Koltayné Tátrai Ildikó

Vaskohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Gáborné Barakonyi Ágnes

Mészáros József

Lehoczki József

Héjjas Mátvás

Szentgyörgyi Géza

Mezei László

Bucsi László

Kisdéri Antal

Imre Gyula

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

70. születésnapját ünnepli

Filkor János

Dr. Tóth Levente

Bánhegyesi Attila János

Dr. Fehér András

Hantó Kálmán

Liptay Péter

Kálmán József

Kállai Gábor

Gorondi István

Dobó Ottó Ferenc

Faragó Péter

Horváth Gáborné

Dr. Lakner József

Szentesi István

Pintér Miklós

Dr. Verő Balázs

Molnár Attiláné

Solymár András

Szarka István

Pivarcsi László

Csehil György

Eigner Viktor

Farnadi Imre

Mikes József

Simon Gyuláné

Donner Julianna

Dr. Szabó József

Woperáné dr. Serédi Ágnes

Öntészeti Szakosztály

Egyetemi Osztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Öntészeti Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Fémkohászati Szakosztály

Vaskohászati Szakosztály

Egyetemi Osztály

Dr. Tóth Levente 1944. február 7-én született Diósgyőrben. A miskolci Földes Ferenc Gimnázium humán tagozatán érettségizett kitűnő eredménnyel 1962-ben. A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán végezte tanulmányait metallurgus szakon, diplomamunkáját öntészeti témakörben készítette *dr. Nándori Gyula* professzor irányításával. 1967-ben az Öntészeti Tanszékre került tanársegédként. Kezdetben a gyakorlati órák tartásában vett részt, majd fokozatosan önállóan kezdett el tantárgyakat oktatni és azokat folyamatosan korszerűsíteni (pl. Öntödei gépek, Formás magkészítés, Az öntészet alapjai, Elméleti öntészet). Folyamatosan részt vett a Tanszék ipari kutató munkáiban (az elkészült zárójelentések száma jóval meghaladja a százat), amelyek újabb üzemi gyakorlati és elméleti ismeretekkel bővítették felkészültségét. Ennek nyomán 1979-ben műszaki doktori oklevelet, 1998-ban PhD tudományos fokozatot szerzett, amelyeknek megfelelően először adjunktusi, majd docensi kinevezést kapott. 1998–2006 között két cikluson keresztül volt a (mai nevén) Műszaki Anyagtudományi Kar dékánhelyettese, valamint 2000–2004-ig az Öntészeti Tanszék vezetője.

Oktató munkája – az előadások és gyakorlati órák megtartása mellett – kiterjedt a TDK-munkák és diplomamunkák irányítására, konzultációjára is. Részt vett a Doktori Iskola munkájában. Eddig három doktorandusza védte meg sikeresen a disszertációját és egy még a doktori tanulmányait végzi. Több egyetemi jegyzetet írt önállóan, illetve társszerzőkkel, számos cikke jelent meg magyar és külföldi szaklapokban. Nyugdíjasként is részt vett az egyetemi oktatómunkában, segítve az öntészeti oktatást.

Szakmai és oktató munkájának elismeréseképpen számos intézményi és szakmai szervezetek által adományozott kitüntetést kapott. 2014-ben közel fél évszázadon keresztül folytatott magas színvonalú oktatói és kutatói munkáját Verő József-emlékéremmel ismerték el.

Az OMBKE-nek 46 éve tagja, a rendezvényeken rendszeren aktívan részt vesz.

Liptay Péter Salgótarjánban született 1944. március 14-én mint tősgyökeres acélgyári, ami azért írható le, mert elődei között négy acélgyári gépészmérnök található.

Szülvárosában a gépipari technikumban szerezte meg első műszaki ismereteit, ahol 1962-ben érettségizett. A Salgótarjáni Acélárugyár ösztöndíjasaként felvételt nyert a NME Kohómérnöki Karára, amit öt év alatt elvégezve technológus kohómérnök-ként 1967-ben ment az Acélárugyárba immár szolgálni a gyárat, közreműködni fejlesztésében. Gyakorlati ismereteit a Huzalműben kezdte megszerezni üzemmérnökként – technológusként – majd technológiai osztályvezetőként. 1979-ben átkerült a Fejlesztési Főosztályra, ahol szélesebb lehetősége adódott további ismeretgyűjtésre. Több rekonstrukciós és termelés korszerűsítő fejlesztésben működött közre. Német nyelvből hivatalos államvizsgát téve több – főleg szocialista – társvállalathoz mehetett ismeretgyűjtésre.

Az 1989-től megkezdődött átalakítások részeként a gyár Dexion üzeme közös magyar-osztrák kft.-be került, ahol 1993-tól műszaki vezető, majd 1995-től ügyvezető igazgató. Természetével nem igazán tudta összeegyeztetni ezt a feladatkört, ezért 1997-ben megvált az osztrák irányítótól és utolsó munkahelyeként a Salgótarjánban korábban működött Vegyészgyár utódaként üzemelő

IPC-SVG Kft.-nél fejezte be aktív munkáját 2004-ben történt nyugdíjazásakor.

Az OMBKE-nek már az egyetemen tagja lett 1965-ben és az egyesületben azóta is aktív tevékenységet folytat. 1976 óta először csak az acélgyári csoportban, majd 1994-től az egyesült bányász-kohász Salgótarjáni Osztályban vezetőségi tag, több ciklusban elnök. Az általános működés mellett tagja választmányának és aktív tag a Történeti Bizottságban is.

Kálmán József a Muravidéki Betlincin született, 1944. március 18-án. Még abban az évben a határmódosítás előtt a Zala megyei Lenti környékére költöztek, ahol iskolás éveit is töltötte.

Az olajbányászat közelsége is hozzájárult ahhoz, hogy Nagykanizsán volt középiskolás. 1962-ben olajipari technikusként tanulmányi szerződként a Nagyalföldi Kőolaj- és Földgáztermelő Vállalatnál kezdett dolgozni, az orosházi, majd a szegedi üzemben. 1980-tól Székesfehérvár lakója, ahol a Kőfém dolgozója lett, és az 1963 óta meglévő OMBKE tagságát is ott folytatta. 1982-ben gázipari technikus lett, 1987-ben gázvezeték-szerelésből mestervizsgázott. Ezután a gázszolgáltatás területén dolgozott a DDGáz, majd a hajdani IKV (Széphő) Vállalatnál, 2004-ig nyugdíjazásáig.

Tisztelettel emlékezik az NKfV-nél töltött időből *Hangyál János*, *Papp László* és *dr. Valastyán Pál* mérnökökre.

OMBKE tagságát egy ideig szüneteltette, de nyugdíjasként régi kohász ismerőseihez csatlakozva ismét tag lett.

Kedvelt időtöltése a természetjárás, és társadalmi munkásként ez az elfoglaltsága is.



Gáspár Jenő 1932–2013



Gáspár Jenő 1932. október 28-án bányász családba született Bótán (a mai Borsodbótán). 1951-ben kitűnő eredménnyel érettségizett az Ózdi Közgazdasági Gimnáziumban. Egy éves könyvelői munka után felvételt nyert a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem kohómérnöki karára, ahol 1957-ben technológus szakon oklevelet szerzett.

A diósgyőri Lenin Kohászati Művekben kezdett dolgozni, ahol nyugdíjazásáig tüzeléssel, kemencékkel, kazánokkal, energiagazdálkodással foglalkozott. Szakterületének minden lépcsőfokát végigjárva, volt kemenceellenőr és felügyelő, műszaki előadó és csoportvezető, majd 26 évig osztályvezető.

Munkája mellett rendszeresen továbbképezte magát. Tudását, tapasztalatát tanfolyamokon és a szakmémőképésben igyekezett átadni a következő generációnak. Ezt a tevékenységét nyugdíjazása után is folytatta. Az Energiagazdálkodás című egyetemi tankönyv társszerzője volt 1979-ben.

Részt vett a vállalati földgázprogram megvalósításában, amelyért 1970-ben vállalati kitüntetést kapott, s ugyancsak kitüntették a nemesacél-hengerműi emelőgerendás kemence tervezési, előkészítési, építési és üzembe helyezési munkájáért.

Az energiagazdálkodásban végzett

alkotó tevékenységéért, életmű díjként, 1986-ban Kiváló Munkáért miniszteri kitüntetésben részesült.

A munka és tanítás mellett a családja volt a legfontosabb. Örömet lelte fia és két unokája sikereiben.

Egyesületünknek 1953-tól volt tagja. 2003-ban kapta meg az 50 éves egyesületi tagságért járó Sóltz Vilmos-émlékérmét.

Fájó szívvel kell leírni, hogy Jenő (az évfolyamtársaknak Gazsi), az apa, a nagyapa, a férj, a barát, az évfolyamtárs, a munkatárs életének 81. évében befejezte földi pályafutását. Gyorsan verő szíve, gyorsan pörgő nyelve 2013. március 5-én megállt, hogy most már örökre megpihenjen.

Maradjon meg emlékünkből kedves, mosolygós arca, érvelő, meggyőző beszéde, vitatkozása, amit gyakran gesztikulációkkal is nyomatékosított.

A szakestélyeken gyakran énekelt selmeci nótát aktualizálva búcsúszómon tőle:

Búcsúzzunk el most kedves pajtásunktól,
Búcsúzzunk el most kedves pajtásunktól,
Megismerve őt, megszerettük őt,
Megszeretve őt, megismertük őt,
Búcsúzzunk el most kedves pajtásunktól.

Kinek Jenő, kinek Gazsi, utolsó
Jó szerencsét!

Dr. Kúti István



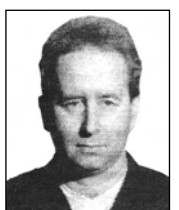
Szomolányi Tibor, egyesületünk legidősebb tagja 2013. június 11-én, életének 102. évében elhunyt. A szegedi felső ipariskola gépészeti szakán tanult, tervezőként, üzemvezetőként dolgozott Diósgyőrben, Budapesten a Kohászati Tervező Intézetben és Dunaújvárosban.

Temetése Budapesten, a Belvárosi Szent Mihály templomban volt 2013. július 9-én.



Dr. Wopera László, aki 34 évig volt a Miskolci Egyetem tisztelt és nagyra becsült fogorvosa, 2013. szeptember 10-én, 75 éves korában váratlanul elhunyt. Temetése, kívánságának megfelelően, 2013. október 19-én volt Csopakon, szűk családi körben.

Emlékét megőrizzük!



Lorge György aranyokleveles kohómérnök életének 79. évében, 2014. január 21-én elhunyt.

1935-ben született, 1958-ban a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán szerzett technológus kohómérnöki diplomát.

Munkáját a Csepeli Fémműben kezdte

üzemmérnökként, majd a műszaki osztályon előadó, később gyáregységi főtechnológus lett. Részt vett a kohászati rekonstrukció és a vidéki iparfejlesztés munkáiban. 1968-ban a Csepeli Fémmű Móri Gyáregységének főmérnöke. 1977-től a csepeli gyár Kutató és technológiafejlesztő intézetében fejlesztő mérnök. Főbb alkotásai a nagy melegszállású szerszámacélokhoz, magas olvaszpontú fémekhez, kiválóan keményedő réztövezetekhez, sajtoló illetve folyamatosan öntött színesfém termékekhez kapcsolódott. Több újítás és találmány fűződik nevéhez.

Kiemelkedő képessége volt a technológiák gyakorlati megvalósításában, a termékek legyártásában. Munkatársai tudása, segítőkészsége, kitartása miatt tisztelték, szerették.

Temetése 2014. február 5-én volt a Cinkotai temetőben.

Várhelyi Rezső okl. gépészmérnök, az OMBKE tiszteleti tagja, a Fémkohászati Szakosztály egykori elnöke, a KÖBAL Kőbányai Könnyűfémmű Kft. vezérigazgatója, a magyar fémkohászat kiemelkedő műszaki vezetője életének 90. évében 2014. február 16-án elhunyt. Búcsúztatása 2014. március 6-án volt.

Nekrológiát a következő számunkban közöljük.

Szablyár Péter 1948–2013



Szablyár Péter okl. kohómérnök életének 66. évében távozott körünkéből. Geológiai technikumot végzett, szinte szerelmeseként imádta szakmáját, de a sors szeszélyéből kifolyólag végül is kohómérnöki oklevelet szerzett 1973-ban Miskolcon.

Az egyetem befejezése után az ALUTERV-be került, ahol kitartott 1996-ig, a cég felszámolásáig. Kezdetben technológus tervezőként a Székesfehérvári Könnyűfémű nagyberuházásainak tervezésében vett részt, majd az új ajkai nagynyomású öntöde létesítményi főmérnökének nevezték ki. A tervezett inotai kohórekonstrukció tervezési feladatait is ő irányította a program leállításáig. Az alumíniumipar kényszer szülte szerkezetváltását követően az ipari hulladékok újrahasznosításának témáival foglalkozott az intézet megszűnéséig.

A mérnöki munka részének tekintette az igényes írásbeliséget, legyen az technológiai leírás, üti jelentés vagy szakcikk. Irodalmi munkássága már zsenye ifjúkorában kezdődött. Középiskolás barlangkutatóként az Aggteleki Cseppkőbarlangban szerzett első élményeivel indult az írás.

Első publikációjának témája is a barlangok világa volt, saját fotókkal és grafikákkal. Majd rendre jelentek meg népszerű tudományos cikkei a Karszt és Barlang, a Föld és Ég, az Élet és Tudomány, a Természetbúvár hasábjain.

Szablyár Péter tollát nem csak a barlangok csodavilága, az utazások váraza irányította. Az a ritka egyéniség, aki életében mindvégig két szakma lelkes híve, kiemelkedő krónikása tudott lenni. A mindenkor aktuális alumíniumipari tervezések és fejlesztések eredményeként sorozatban jelentek meg tőle szakcikkék és híradások szaklapunkban, a BKL Kohászatban, de szerzője volt a hajdani Magyar Alumínium és Hungalu Híradó című lapoknak is.

A sors vagy az erős akarat úgy hozta, hogy 1994-ben Jósuváfon, barlangkutató hajdani helyszínén egy romos parasztportát vásárolt, amelynek épületeiben az évek során egy gazdag helytörténeti gyűjteményt rendezett be. A Jósuváfi Tájház 2008-ban kategóriájában az Év Múzeuma lett. Útjára indította a Jósuváfi Helytörténeti Füzetek c. periodikát, amelyben közreadta helytörténeti kutatásainak eredményeit. A 40. számot még elküldte a nyomdának, de

a kész füzetet már nem foghatta kézbe. Közben 2002-ben barátaival megalapította a Magyar Tájházak Szövetségét, melynek alapításától 2011-ig az elnöke is volt.

Jósuváfon teljesedett ki írói munkája: életének ezen időszakában írta meg a Föld alatti Magyarország című könyvét, társszerkesztőként vett részt a Tájház vezetési ismeretek című kiadvány készítésében. 2012-ben jelent meg a Ház és Ember évkönyvsorozat azon kötete, amelyben helytörténeti és ipartörténeti kutatásait összegezte. 2013-ban jelent meg az Eltűnő budai hegyek című, nagyon szép kivitelű albuma.

Meghatározó szerep jutott a hazai barlangkutató szervezetében. A Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulatban, ahol 50 év alatt végigjárta a számárletrát az iskolai szakköri titkártól a Társulat főtitkári posztjáig, közben a Karszt és barlang című folyóiratot is szerkesztette.

Élete utolsó 10-15 évében jórészt Jósuváfon élt, de nem szakadt el a kohászatától sem. Főként a fémalumínium újrahasznosításának kérdéseivel foglalkozott, miközben 2000 óta a Fém-szövetség ügyvezető titkári feladatait is ellátta. Nem feledkezett meg a kohászat történeti kutatásokról sem, az OMBKE Történeti munkabizottsága tagjaként szakmai múzeumaink kiállításaihoz, rendezvényeihez, az elmúlt évtizedek szakmai emlékeinek megőrzéséhez tanácsaival, ötleteivel, de kétkezi munkájával is hozzájárult a maga részét. Munkálkodását az egyesület Kerpely Antal-emlékéremmel ismerte el. Fáradhatatlan munkáját és a szakmáján túli közéleti teljesítményét a megtisztelő Kós Károly-díjjal és Jósuváfi díszpolgára címmel ismerték el.

Tevékenysége, az általa elvégzett munka, az értéktéremtés iránti elkötelezettsége példa lehet mindnyájunk számára. Élete példa arra is, hogyan lehet hobbinkat, kedvtelésünk eredményét a köz javára fordítani. Szeretett falujában, Jósuváfon, 2013. december 18-án helyezték végső nyugalomra a kopfáján a felirattal: Jósuváfi örökös díszpolgára.

Mi fémkohászok és öntészek 2014. január 11-én az Öntödei Múzeumban rendezett gyászszakesten mondtunk Péternek utolsó Jó szerencsét!

HJ – HP – LK

Dr. Rittinger János

1939–2013



A gyász hír, a halál ténye mindig felkészületlenül, és tragikusan érint minden érző embert. Dr. Rittinger János végleges távozása körülkből pedig különösen mélyen érintett engem, a barátot, aki sokat tanulhatott az idősebb, és ugyanazon középiskolában végzett, a maga területén meghatározó értéket képviselő szakembertől. A búcsú és a megfelelő szavak keresése azért is nehéz, mert önkéntelenül életünk közös élményei jutnak eszembe. A személyes érzéseket elvetvén a nekrológ további része koncentráljon dr. Rittinger János gazdag életének tényszerű adataira!

A debreceni Gépipari Technikumban 1957-ben gépésztanári oklevelet szerzett. A Nehézipari Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karára 1957-ben felvételt nyert. Egyetemi tanulmányai során 1958–1961 között Népköztársasági ösztöndíjban részesült, majd a diploma megszerzéséig a Vasipari Kutató Intézet társadalmi ösztöndíjasa lett. Kitüntetéses eredménnyel okl. gépészmérnöki diplomát kapott 1962-ben.

Posztgraduális képzés keretében 1965-ben ugyancsak kitüntetéses eredménnyel, hegesztő szakmérnöki diplomát, 1967-ben summa cum laude minősítéssel egyetemi doktori címet, 1991-ben EUR-ING, 2000-ben EWE (European Welding Engineer), IWE (International Welding Engineer) diplomát szerzett. A roncsolásmentes anyagvizsgálat területén 2001 óta VT3, PT3, MT3, RT3 minősítéssel rendelkezik.

Első munkahelyén, a Vasipari Kutató Intézet Hegesztési Osztályán kezdetben tudományos munkatárs, tudományos csoportvezető, végül a hegesztési osztály vezetője volt. Munkája során mindvégig a Zorkóczy Béla professzortól tanult mondást: „az eladható tudománynak van értéke” vallotta.

Kezdeti munkái közül ki kell emelni néhány fontosabb témakört: a hegeszthetőség megfogalmazása (MSZ 4305:1965) és alkalmazása az acélok fejlesztésében. Segédlet kidolgozása a hegesztési technológia meghatározásához a kötés repedésmentessége alapján. (MSZ 6280, 1964–1971). Acélkiválasztási rendszer kidolgozása nyomástartó berendezések rideg törésének elkerüléséhez (1970). Később ez

az MSZ 13802 szabványban jelent meg. A mikroötvöztetés hatékonyságának növelése acélok és hegesztési varratok esetén (1970–1975). A törésmechanika bevezetése és gyakorlati alkalmazása területén hazánk meghatározó centruma létesült (1972–1975). Ezek közül több Fehérvári Attila barátjával közösen végzett munka volt.

Munkája részét képezte számos ipari káreset elemzése, amelyek közül 1969. január 2-án bekövetkezett répcelaki cseppfolyós szénsavtartály rideg törése volt a legsúlyosabb. Életének fontos szakasza az 1987–2001 közötti időszak, amikor a Magyar Villamos Művek Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratóriumának igazgatója volt.

2002–2008 között részt vett a Paksi Atomerőmű élettartam-hosszabbítás és teljesítmény-növelés program két, a reaktortartály és az anyagvizsgálatok szakértői testület munkájában.

A mindennapos kutatói munka mellett fontosnak tartotta a különböző szakmai szervezetek életében való részvételt, olykor magas tisztséget is betöltve. Így megalakulása óta (1969) tagja volt a Hegesztő Minősítő Bizottságnak, illetve utódszervezetének, a Hegesztő Minősítő Testületnek és az Anyagvizsgáló Minősítő Testület igazgatóságának. 1967 óta tagja volt az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. Az OMBKE-ben végzett munkájáért, publikációiért három alkalommal nívódíjat kapott, 2006-ban pedig megkapta a Soltz Vilmos-émlékérmét. Kiváló szakmai munkáját az Eötvös Loránd-díjtól a Terplán Zénó-díjig számos oklevéllel, nívódíjjal, kitüntetéssel ismerték el.

Az alkalomhoz illő megismételni az aranydiploma átvétele alkalmával 2012-ben tartott beszédének egy részletét, amelyben Püthagorasz idézte: „Ha majd elhagyod földi testedet, s felemelkedsz a lélek hazájába, akkor Te magad is Istenné válsz; fénylővé, halhatatlanná és örökéletűvé”.

Tóth László
egyetemi tanár

Dr. Rittinger János életének 74. évében, 2013. november 29-én hunyt el, temetése szűk családi körben volt.

Németh József

1938–2014



Aranydiplomás vas- és fémkohómérnök kollégánk 1938. július 9-én a több generáció óta Inotán élő Németh családba született. Születési helye és örökölt kiemelkedő tehetsége alapvetően meghatározta életének menetét. A gimnáziumi érettségi után azért felvételizett a NME Kohómérnöki Karára, hogy az 1952-ben indult Inotai Alumíniumkohó mérnökévé válhasson.

Jelesen megvédett diplomája kézhezvétele után a nyugdíjazásáig eltelt 33 évben az alumíniumkohónál dolgozott, 30 évig vezetőként, az utolsó 24 évben műszaki igazgatóhelyettesként. Meghatározó szerepe volt a gyár 1990-ig töretlen fejlődésében.

A norvég licence alapján épült kádakat több lépcsőben fejlesztve, az elektrolízis áramerősségét 60 kA-ról 78 kA-re növelték, és 1985-re folyamatirányítást valósítottak meg, kiváló műszaki mutatókat értek el. Az alumíniumtermelést évi 20 kt-ról 35 kt-ra növelték.

A tömböntés után tuskóöntésre tértek át, majd öntve-hengerlő berendezések épültek. Az öntve-hengerlőkön gyártott szalagok és durvahuzal is továbbfeldolgozásra került. Az e célra

létesített hidegfolyási tárcsaüzemben tubusok és palackok alapanyagául szolgáló tárcsákat, a huzalüzemben pedig húzott huzalokat is gyártottak. Ezekben a munkákban aktívan részt vett.

Szakmai ismereteit a belföldi és külföldi szakirodalom tanulmányozásával mindig magas szinten tartotta, ezeket az ismereteket munkatársaival megosztotta. Munkatársai szerették és tisztelték.

Az 1100 dolgozót foglalkoztató műben végzett munkáját a megbízhatóság és megfontoltság jellemezte. Sikeres, eredményes tevékenységét számos vállalati Kiváló Dolgozó és a Nehézipar Kiváló Dolgozója miniszteri kitüntetéssel is elismerték.

Egyesületünknek 51 éven át volt tagja. Hosszú betegség után, hirtelen távozott. A végtisztesség adása február 22-én, a református egyház szertartása szerint történt. Búcsúztatásán a váraplótai temetőben több százan – köztük mérnökcollegák és volt munkatársak – vettünk részt. Méltattuk életútját és mondtunk Neki kohászköszöntéssel utolsó Jó szerencsét.

 Dr. Takács István

Dr. Horváth Dezső

1928–2014



Ismét egy közkedvelt, kiváló szakember hagyta itt a hazai vaskohász társadalmat: 86 éves korában elhunyt dr. Horváth Dezső. Pályafutása során nemcsak hazai, hanem nemzetközi fórumokon is igazolta rátermettségét; kellemes egyénisége itthon és külföldön is barátokat szerzett neki.

Horváth Dezső 1928-ban született Sopronban, ami egyszerűvé tette pályaválasztását: 1950-ben Sopronban szerzett kohómérnöki oklevelet. Mérnöki pályafutását Salgótarjánban kezdte, ahol 1952-ig az Acélárugyárban dolgozott technológusként. Ezt követően talált rá arra a szakterületre, amely életének jelentős részében meghatározó volt: 1952–53-ban a Magyar Vasötvözetgyárban kutatómérnök, majd 1954–55-ben az Apci Fémtermia Vállalatnál főmérnök lett. 1955–57-ben a Zagyvarónai Ötvözetgyár főmetallurgusaként elektro- és metallotermikus úton gyártott ferroötvözetek gyártásával foglalkozott. Itteni pályájának az 1956-os forradalomban történt aktív részvétele miatti, 1957-ben bekövetkezett letartóztatás vetett véget.

1957–75 között a Vasipari Kutató Intézet tudományos főmunkatársa, majd laborvezetője volt. Ekkor ferroötvözetek, komplex dezoxidálószeres fejlesztésével, valamint a termoanalitikai módszerek kohászati alkalmazásával foglalkozott. 1965-ben itteni munkájának

eredményeit felhasználva Miskolcon egyetemi doktori címet szerzett. A VASKUT-ban eltöltött időt élete legboldogabb időszakának tartotta.

1975-ben – nem önszántából – munkahely- és pályamódosításra kényszerült, ahol azonban szintén jól feltalálta magát. 1988-ig (nyugdíjazásáig) a Kohászati Gyárépítő Vállalat szaktanácsadójaként, ill. osztályvezetőjeként komplett ferroötvözetgyárak, miniacél-művek, porleválasztó berendezések telepítési kérdéseivel, valamint a KGYV által külföldre szállított ferroötvözet-gyártó kemencék szerelésével, üzembe helyezésével és a személyzet betanításával foglalkozott.

Meghívottként a Ferroötvözet-gyártó Világkongresszusokon képviselte hazánkat. Nyolc éven keresztül a Miskolci Egyetemen tartott előadásokat.

Tíz szabadalma elismeréseként megkapta a Kiváló Feltaláló díj arany fokozatát, szakmai munkáját a Nehézipar Kiváló Dolgozója és a Kiváló Kohász miniszteri kitüntetésekkel ismerték el.

Az OMBKE 70 éves korában Soltz Vilmos-émlékérmet adományozott neki.

Élete utolsó éveiben is tartotta a kapcsolatot korábbi kollegáival, barátaival, részt vett a volt VASKUT-asok találkozóin.

Nyugodjék békében!

 TP

FORR-ÁSZ sajtóközlemény

A projekt címe

Környezetbiztonságos forraszanyagok anyagtudományi alapon történő fejlesztése primer és másodnyersanyagokból a járműipar számára

A projekt száma: TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019

A projekt adatai

Főkedvezményezett: Miskolci Egyetem

Miskolci Egyetem:	481.505.464 Ft
Konzorciumi partner 1 (Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.):	77.265.103 Ft
Konzorciumi partner 2 (MTA Atommagkutató Intézet):	45.210.740 Ft
Összesen:	603.981.307 Ft

Megítélt támogatás:

Elfogadott projekt összköltség: 603.981.307 Ft

Támogatás mértéke: 100%

Időtartam: 28 hónap (2013. 01. 01. – 2015. 04. 30.)

Honlap: www.forr-asz.uni-miskolc.hu

Projekt menedzsment Projekt szakmai vezetője: Dr. Török Tamás • **Projektmenedzser:** Batta Beatrix

A PROJEKT CÉLJA

A FORR-ÁSZ elnevezésű kutatási program 2013 januárjában indult. A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának oktatói, kutatói, hallgatói a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.-vel, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Atommag Kutató Intézetével (ATOMKI) együttműködve dolgoznak a megvalósításon.

A projekt eredményeként olyan forrasztóanyag kifejlesztése az elsődleges cél, amely az eddig alkalmazott, rendkívül jó tulajdonságokkal rendelkező ólomtartalmú forrasztóanyagot ki tudja váltani, helyettesíteni tudja úgy, hogy az átállás sem gazdaságossági, sem termelési, sem technológiai hátrányt nem okozhat. A projekt emellett a kapcsolódó anyagtudományi, szerkezetmodellezési, fémesanyag-visszanyerési és az újszerű felületlisztítási és bevonattechnikai módszerek fejlesztésére is súlyt helyez. A szakmai megvalósítással öt, nemzetközileg elismert vezető kutató által koordinált – az adott tématerületre specializálódott és egymást szinergikusan kiegészítő – Tudományos Műhely foglalkozik.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

FROM THE CONTENT

folytatás a borító első oldaláról

Konciz-Horváth D. – Gácsi Z.: The applicability of the Energy Dispersive X-ray Fluorescence spectrometry for element analysis ... 37

X-ray fluorescence (XRF) technique is a non-destructive analysis of metals and non-metals in different materials with many advantages (speed, multi-element analysis, precision and accuracy and minimal sample treatment). XRF analysis is a widely used method and new advances have enabled this technique to be packaged into a portable hand-held device. This method is considered to be the best solution for quick non-destructive screening of electronic product parts and components by the prescribed RoHS (Restriction of Hazardous Substances) directive. XRF systems may also be

able to identify alloys quickly or determine the level of soil pollution. In this work the method was calibrated for the analysis of part-per-million (ppm) levels of Pb and major levels of other elements in lead-free solder alloys. All measurements were performed with an energy dispersive Fischerscope X-ray XDAL (benchtop) spectrometer.

Radányi Á. – Sycheva A. – Gácsi Z.: The challenge of tin-whisker formation in electronics industry, risks and research opportunities by the method of correlative microscopy ... 43

In this literature review information related to the problem of tin-whisker growth has been summarized. The research of lead-free coatings and connections has been proceeding since 1946 to the present day. In this paper we discuss causes, possible mechanisms

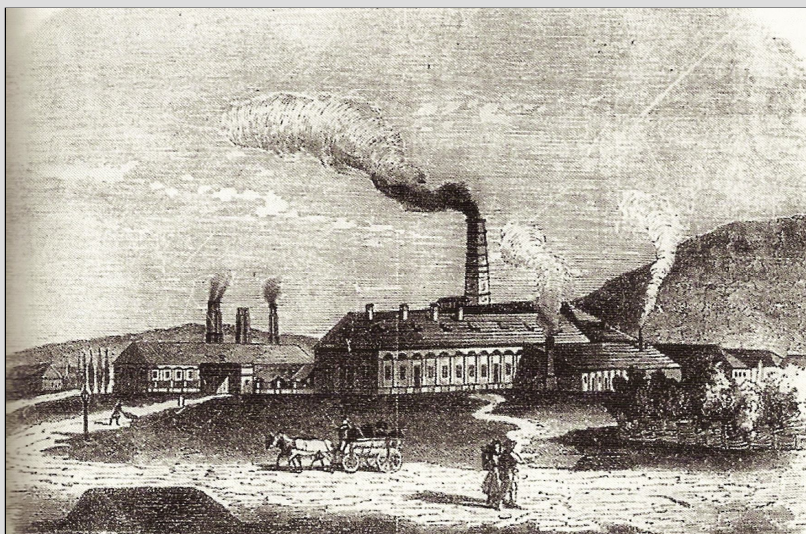
and driving forces as well as prevention strategies of the tin-whisker formation. The effect of some alloying elements (for example, Bi, Cu, Ag, Ge, Ce, Zn, La, Y, Nd etc.) on the formation of tin whiskers in lead-free solders and coatings – whether they reduce or intensify this process – has been described in detail. It is well known from earlier literature that tin whisker formation and growth is caused by some mechanical stress. That is why we were looking for such testing possibilities that allow loading the specimen with remaining stress. A method for examining the effect of mechanical stress and loading time on the intensity of tin-whisker formation has been developed. Finally, using the Correlative Microscopy method (combined use of Optical and Electron Microscope during the test) as a time-saving opportunity to examine the process has been presented.

Szemelvények kohászatunk múltjából

A munkácsi vasgyár

A Rákócziak uradalmában, a Munkácstól keletre fekvő Alsóviznicén már 1672-ben állt három bucakemence és két frissítőhámor. A Rákóczi-szabadságharc alatt bombákat és fegyvercsöveket kovácsoltak.

A szabadságharc bukása után a munkácsi Rákóczi-birtokot *III. Károly* az 1715-ben *gróf Schönborn Frigyes* személyében honosított Schönborn családnak adományozta a Habsburg-ház iránt való hűségéért. *Schönborn-Buchheim Ervin* helyreállította az alsóviznicei hámorokat, és 1770-ben Selesztó északi határában felépített egy nagyolvasztót, amelynek napi termelése 20 bécsi mázsa volt. A



A selesztói vasgyár 1860 körül. Schossel András rajza

következő években itt és Szentmiklóson (ukránul Csinagyijjeve) frissítőhámorokat létesítettek. Az évi termelés 3000 mázsa körül volt, amely kovácsolt termékekből és öntvényekből tevődött össze.

1807-ben a Szepességből hívott bányászok számára Selesztó északi részén egy települést hoztak létre, amely Frigyesfalva néven önállósodott. (Mivel az új község területéhez került a kohó, ezt a későbbiekben frigyesfalvi nagyolvasztóként emlegették.) 1832-ben a selesztói templommal szemben, a Viznice túlsó partján egy 32 láb magas nagyolvasztót, valamint kupolókemencét helyeztek üzembe, öntödével és mintakészítő műhellyel. A munkácsi gyár évi nyersvastermelése 9 ezer mázsára nőtt, ennek harmadrészből öntvény készült. A fejlesztést 1826-tól 1843-ig a Selmecbányán tanult *Rombauer Tivadar* irányította. Az 1848–49-i szabadságharc idején a munkácsi vasgyárban puskacsövet és 120 mázsa ágyúgolyót gyártottak, és itt munkálták meg a Kabolapolyánán öntött vas- és bronzágyúkat.

1853-ban a Munkácstól délkeletre fekvő Hátmegen (ukránul Zahattyia) épült fel a harmadik nagyolvasztó. A gyár nyersvastermelése elérte az évi 13 ezer mázsát, volt hat frisstüzes hámor, nyújtó-, szer- és szöghámor, szer-szám- és késkovácsoló mű, lakatos- és gépműhely.

A munkácsi vasgyár a 19. sz. második harmadában a művészi vasöntvények készítésével is kitűnt. A műöntészet fejlesztésében döntő volt Rombauer Németországban tett látogatása, valószínűleg ő hozta *Valentin Willascheck* modellőrt 1834-ben Munkácsra. Az 1842-ben és 1843-ban tartott magyar iparmű-kiállításon bemutatott munkácsi műöntvények „akármelyik külföldi művekkel bátran versenyezhetőnek találtatván”, aranyérmet nyertek.

Willascheck mintegy 15 éves működése után, 1848-ban *Schossel András* lett modellőr a munkácsi vasgyárban. Felsőremetén született, a mintaasztalosságot apja mellett Selesztón sajátította el. Az uradalom támogatásával előbb Pesten egy szobrásznál tanult, majd a bécsi képzőművészeti akadémián mintázószobrász-oklevelet szerzett. Szignált művei: Kossuth mellszobra (1848), szelence fekvő paraszttal, ismeretlen férfi portréja (1854), egykarú gyertyatartó (1859). A Zrínyi halála Juranics karjában című nagyméretű szobra a II. világháborúban a munkácsi vár kertjében elpusztult. Alkotásai több kiállításon díjat nyertek.

A frigyesfalvi nagyolvasztó az 1860-as évek végén már nem termelt, a selesztói kohó 1884-ben üzemén kívül állt, a hátmegi nagyolvasztó termelése sem érte el az ezer tonnát, az öntvénygyártás is csökkent. A frigyesfalvi öntödét és gépműhelyt a 19. sz. végén *Prihradny Ödön* vette bérbe, vasöntvényeket és mezőgazdasági gépeket készített.

✍ K. L.

Források:

Heckenast G.: A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában. Bp., 1991.

Kralovánszky L.: A munkácsi vasgyár történeti és statisztikai tekintetben. In: Kubinyi – Vahot: Magyar- és Erdélyország képekben. III. k. Pest, 1854.

Pusztai L.: Magyar öntöttvasművesség. Bp., 1978.